Esgotamento sanitário

Operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos

Guia do profissional em treinamento

Nível **2**

Promoção Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA

Realização Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – NUCASE

Instituições integrantes do Nucase Universidade Federal de Minas Gerais (líder) | Universidade Federal do Espírito Santo | Universidade Federal do Rio de Janeiro | Universidade Estadual de Campinas

Financiamento Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia | Fundação Nacional de Saúde do Ministério da Saúde | Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades

Apoio organizacional Programa de Modernização do Setor Saneamento–PMSS

Patrocínio FEAM/Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Comitê gestor da ReCESA

- Ministério das Cidades;
- Ministério da Ciência e Tecnologia;
- Ministério do Meio Ambiente
- Ministério da Educação;
- Ministério da Integração Nacional;
- Ministério da Saúde;
- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico Social (BNDES);
- Caixa Econômica Federal (CAIXA);

Comitê consultivo da ReCESA

- Associação Brasileira de Captação E Manejo de Água de Chuva – ABCMAC
- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária E Ambiental – ABES
- Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH
- Associação Brasileira de Resíduos Sólidos E Limpeza Pública – ABLP
- Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais – AESBE
- Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento – ASSEMAE
- Conselho de Dirigentes dos Centros Federais de Educação Tecnológica – Concefet
- Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura E Agronomia – CONFEA
- Federação de Órgão Para A Assistência Social E Educacional – FASE
- Federação Nacional dos Urbanitários – FNU
- Fórum Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas – Fncbhs
- Fórum Nacional de Pró–Reitores de Extensão das Universidades Públicas Brasileiras – Forproex
- Fórum Nacional Lixo E Cidadania – L&C
- Frente Nacional Pelo Saneamento Ambiental – FNSA
- Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM
- Organização Pan–Americana de Saúde – OPAS
- Programa Nacional de Conservação de Energia – Procel
- Rede Brasileira de Capacitação Em Recursos Hídricos – Cap–Net Brasil

Parceiros do Nucase

- Cedae/RJ – Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro
- Cesan/ES – A Companhia Espírito Santense de Saneamento
- Comlurb/RJ – Companhia Municipal de Limpeza Urbana
- Copasa – Companhia de Saneamento de Minas Gerais
- DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo
- DLU/Campinas – Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura Municipal de Campinas
- Fundação Rio–Águas
- Incaper/Es – O Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
- IPT/SP – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
- PCJ – Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí
- SAAE/Itabira – Sistema Autônomo de Água e Esgoto de Itabira – MG.
- SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
- SANASA/Campinas – Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S.A.
- SLU/PBH – Serviço de Limpeza Urbana da prefeitura de Belo Horizonte
- Sudecap/PBH – Superintendência de desenvolvimento da capital da prefeitura de Belo Horizonte
- UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto
- UFSCar – Universidade Federal de São Carlos
- UNIVALE – Universidade Vale do Rio Doce

Esgotamento sanitário

Operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos

Guia do profissional em treinamento

Nível **2**

E74 Esgotamento sanitário : operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos : guia do profissional em treinamento : nível 2 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Belo Horizonte : ReCESA, 2008.
112 p.

Nota: Realização do NUCASE – Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental e coordenação de Carlos Augusto de Lemos Chernicharo, Emília Wanda Rutkowski, Isaac Volschan Junior e Sérvio Túlio Alves Cassini.

1. Esgotos Sanitários – tratamento. 2. Água e esgoto. 3. Esgotos domésticos. 4. Tecnologia sanitária – Esgotos. 5. Águas residuais – Purificação – Tratamento residuais. I. Brasil. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. II. Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental.

CDD – 628.35

Catalogação da Fonte : Ricardo Miranda – CRB/6–1598

Conselho Editorial Temático

Carlos Augusto de Lemos Chernicharo – DESA – EE – UFMG
Edson Aparecido Abdul Nour – DAS – FEC – Unicamp
Isaac Volschan Júnior – DRHMA – POLI – UFRJ
Ricardo Franci Gonçalves – DEA – CT – UFES

Profissionais que participaram da elaboração deste guia

Professor Carlos Augusto de Lemos Chernicharo
Consultores Fernando Silva de Paula (conteudista) | Lívia Cristina da Silva Lobato (conteudista) | Izabel Chiodi Freitas (validadora)

Créditos

Composição final
Cátedra da Unesco de Educação à Distância – FAE/UFMG
Juliane Correa | Sara Shirley Belo Lança

Projeto Gráfico e Diagramação
Marco Severo | Rachel Barreto | Romero Ronconi

Impressão
Editora Sigma

É permitida a reprodução total ou parcial desta publicação, desde que citada a fonte.

Apresentação da ReCESA

A criação do Ministério das Cidades no Governo do Presidente Luiz Inácio Lula da Silva, em 2003, permitiu que os imensos desafios urbanos passassem a ser encarados como política de Estado. Nesse contexto, a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA) inaugurou um paradigma que inscreve o saneamento como política pública, com dimensão urbana e ambiental, promotora de desenvolvimento e de redução das desigualdades sociais.

Trata-se de uma concepção de saneamento em que a técnica e a tecnologia são colocadas a favor da prestação de um serviço público e essencial.

A missão da SNSA ganhou maior relevância e efetividade com a agenda do saneamento para o quadriênio 2007–2010, haja vista a decisão do Governo Federal de destinar, dos recursos reservados ao Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, 40 bilhões de reais para investimentos em saneamento.

Nesse novo cenário, a SNSA conduz ações em capacitação como um dos instrumentos estratégicos para a modificação de paradigmas, o alcance de melhorias de desempenho e da qualidade na prestação dos serviços e a integração de políticas setoriais. O projeto de estruturação da Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA constitui importante iniciativa nessa direção.

A ReCESA tem o propósito de reunir um conjunto de instituições e entidades com o objetivo de coordenar o desenvolvimento de propostas pedagógicas e de material didático, bem como promover ações de intercâmbio e de extensão tecnológica que levem em consideração as peculiaridades regionais e as diferentes políticas, técnicas e tecnologias, visando capacitar profissionais para a operação, manutenção e gestão dos sistemas de saneamento. Para a estruturação da ReCESA foram formados núcleos regionais e um comitê gestor, em nível nacional.

Por fim, cabe destacar que o projeto ReCESA tem sido bastante desafiador para todos nós, que constituímos um grupo, predominantemente formado por profissionais da engenharia, que compreendeu a necessidade de agregar outros olhares e saberes, ainda que para isso tenha sido necessário "contornar todos os meandros do rio, antes de chegar ao seu curso principal".

Comitê gestor da ReCESA

Nucase

O **Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – Nucase** tem por objetivo o desenvolvimento de atividades de capacitação de profissionais da área de saneamento, nos quatro estados da região sudeste do Brasil.

O Nucase é coordenado pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, tendo como instituições co-executoras a Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, a Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ e a Universidade Estadual de Campinas – Unicamp. Atendendo aos requisitos de abrangência temática e de capilaridade regional, as universidades que integram o Nucase têm como parceiros, em seus estados, prestadores de serviços de saneamento e entidades específicas do setor.

Coordenadores institucionais do Nucase

Os guias

A coletânea de materiais didáticos produzidos pelo Nucase é composta de 42 guias que serão utilizados em oficinas de capacitação para profissionais que atuam na área do saneamento. São seis guias que versam sobre o manejo de águas pluviais urbanas, doze relacionados aos sistemas de abastecimento de água, doze sobre sistemas de esgotamento sanitário, nove que contemplam os resíduos sólidos urbanos e três terão por objeto temas que perpassam todas as dimensões do saneamento, denominados temas transversais.

Dentre as diversas metas estabelecidas pelo Nucase, merece destaque a produção dos Guias dos profissionais em treinamento, que servirão de apoio às oficinas de capacitação de operadores em saneamento que possuem grau de escolaridade variando do semi-alfabetizado ao terceiro grau. Os guias têm uma identidade visual e uma abordagem pedagógica que visa estabelecer um diálogo e a troca de conhecimentos entre os profissionais em treinamento e os instrutores. Para isso, foram tomados cuidados especiais com a forma de abordagem dos conteúdos, tipos de linguagem e recursos de interatividade.

Equipe da central de produção de material didático – CPMD

Apresentação da área temática:

Esgotamento sanitário

A série de guias relacionada ao esgotamento sanitário resultou do trabalho coletivo que envolveu a participação de dezenas de profissionais. Os temas que compõem esta série foram definidos por meio de uma consulta a companhias de saneamento, prefeituras, serviços autônomos de água e esgoto, instituições de ensino e pesquisa e profissionais da área, com o objetivo de se definir os temas que a comunidade técnica e científica da região Sudeste considera, no momento, os mais relevantes para o desenvolvimento do projeto Nucase.

Os temas abordados nesta série dedicada ao esgotamento sanitário incluem: *Qualidade da água e controle da poluição; Operação e manutenção de redes coletoras de esgotos; Operação e manutenção de estações elevatórias de esgotos; Processos de tratamento de esgotos; Operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos; Amostragem, preservação e caracterização físico-química e microbiológica de esgotos; Gerenciamento, tratamento* e *disposição final de lodos gerados em ETEs*. Certamente há muitos outros temas importantes a serem abordados, mas considera-se que este é um primeiro e importante passo para que se tenha material didático, produzido no Brasil, destinado a profissionais da área de saneamento que raramente têm oportunidade de receber treinamento e atualização profissional.

Coordenadores da área temática de esgotamento sanitário

Sumário

Introdução 10
Geração e caracterização de esgotos 13
Consumo de água e geração de esgotos domésticos 14
Caracterização dos esgotos domésticos 17
Tratamento de esgotos domésticos 27
Coleta e transporte dos esgotos 27
Poluentes presentes nos esgotos e objetivos do tratamento 28
Níveis de tratamento de esgotos 36
Sistemas simplificados de tratamento de esgotos 40
Operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos 49
Práticas de operação e manutenção do tratamento preliminar 50
Impactos decorrentes do tratamento preliminar nas unidades subseqüentes da ETE 62
Monitoramento das unidades de tratamento biológico 68
Práticas operacionais: o descarte de lodo 75
Práticas operacionais: a remoção de escuma 83
Coleta e queima de gás 86
Principais problemas operacionais nas unidades de tratamento biológico 88
Controle operacional 97
Encerramento 101
Roteiro de procedimentos 104

Introdução

Olá, Profissional!

Nos próximos quatro dias, discutiremos vários aspectos relativos aos sistemas de esgotamento sanitário, principalmente aqueles relacionados à operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos, tema da nossa oficina de capacitação.

Você sabia que, no Brasil, mais da metade da população urbana não é atendida por sistemas de coleta e afastamento de esgotos? Em relação ao tratamento, a situação é ainda mais grave; estima-se que 85% da população brasileira não têm o esgoto tratado. Freqüentemente, os meios de comunicação associam esses números à má qualidade das águas dos nossos rios e córregos e ainda às precárias condições a que a maior parte da população do país está sujeita, e sugerem que a implantação e ampliação de sistemas de esgotamento sanitário são ainda necessárias para permitir a melhoria de qualidade de vida da população brasileira. Qual é, afinal, a relação existente entre os sistemas de esgotamento sanitário e a qualidade de vida das pessoas? Você já parou para pensar sobre quais seriam os motivos que levam à necessidade do tratamento dos esgotos sanitários?

Os esgotos sanitários, principal causa da poluição dos nossos cursos d'água, são também responsáveis por várias doenças que acometem a população brasileira, sobretudo aquelas pessoas menos favorecidas. Nesse contexto, a utilização de sistemas de tratamento simplificados apresenta-se como uma importante alternativa, buscando a ampliação do atendimento à população. Todavia, o alcance dos objetivos do tratamento depende de uma adequada operação do sistema, portanto, nesta oficina de capacitação, vamos dar atenção especial à operação e à manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos. Você verá que os assuntos abordados estão relacionados com seus hábitos, seu trabalho e sua comunidade.

Esta oficina de capacitação busca estimular o intercâmbio de experiências e destacar a importância do seu trabalho e das ações de saneamento na preservação do meio ambiente e na melhoria da qualidade de vida da população. Os principais objetivos desta oficina de capacitação são:

- Proporcionar a você e a seus colegas a compreensão da funcionalidade sanitária e ambiental de uma estação de tratamento de esgotos, ressaltando a sua importância para o meio ambiente e para a saúde pública, no contexto da bacia hidrográfica.
- Atualizar e aprimorar os seus conhecimentos sobre os sistemas simplificados de tratamento de esgotos, sobretudo os aspectos relativos a alguns procedimentos e técnicas necessárias à operação e manutenção das estações de tratamento.

- Identificar e discutir os principais impactos do lançamento de esgotos nos corpos d'água e suas implicações sanitárias e ambientais no contexto da bacia hidrográfica, apresentando alguns padrões ambientais.
- Elaborar e construir um roteiro de procedimentos de operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos.

Você é um profissional que, certamente, já passou por muitas experiências importantes em sua casa e no seu trabalho. Apostamos que tem muito a ensinar, aprender e trocar conosco e com os seus colegas. Para subsidiar as nossas discussões, elaboramos este guia, organizado em três conceitos-chave. São eles:

- Geração e caracterização de esgotos.
- Tratamento de esgotos domésticos.
- Operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos.

A função deste guia é orientá-lo durante a oficina de capacitação. Para tal, apresentamos os objetivos, as orientações para as atividades propostas e os assuntos abordados para cada conceito-chave. Antes de começarmos o nosso primeiro conceito-chave, sugerimos que você faça as atividades propostas a seguir, demonstrando seus conhecimentos sobre o tema.

Atividade individual

Escreva um breve texto relacionando as palavras apresentadas a seguir.

Vamos, agora, discutir algumas questões relacionadas ao seu trabalho!

Reflita e se manifeste...

Por que o esgoto deve ser tratado? Qual é a importância do seu trabalho para a preservação dos mananciais no contexto da bacia hidrográfica? Qual é a importância do seu trabalho para a saúde das pessoas?

A sua participação nas atividades é de extrema importância para o desenvolvimento de uma oficina proveitosa e agradável. Não deixe de expor suas dúvidas e comentários.

Nós demos apenas o chute inicial: quem vai fazer o gol é você!

Bons estudos!

Geração e caracterização de esgotos

OBJETIVOS:

- Discutir o consumo de água e a geração de esgotos com destaque para os aspectos que levam à variação na vazão de esgoto doméstico.

- Apresentar os conceitos de *quota per capita* e coeficiente de retorno.

- Discutir as impurezas encontradas nos esgotos domésticos e os impactos sobre o meio ambiente e riscos à saúde das pessoas.

- Apresentar e discutir os principais parâmetros de caracterização de esgotos domésticos, relacionando-os à prática de operação e manutenção de ETE.

No seu cotidiano, você sabe quantas vezes você toma banho, escova os dentes etc. Sabe quanta água você consome diariamente em suas atividades? E quanto esgoto você gera? Multiplique isso pelo número de pessoas que residem com você, depois multiplique de novo pelo número de casas da sua rua, do seu bairro... Imagine a quantidade de água que deve ser consumida e, conseqüentemente, a quantidade de esgoto gerado na sua cidade!

Neste nosso primeiro conceito-chave, vamos discutir o consumo da água e a conseqüente geração de esgotos. Discutiremos, também, as impurezas presentes nos esgotos domésticos e os principais parâmetros utilizados para a sua caracterização.

Vamos iniciar a nossa discussão sobre a geração e a caracterização dos esgotos!

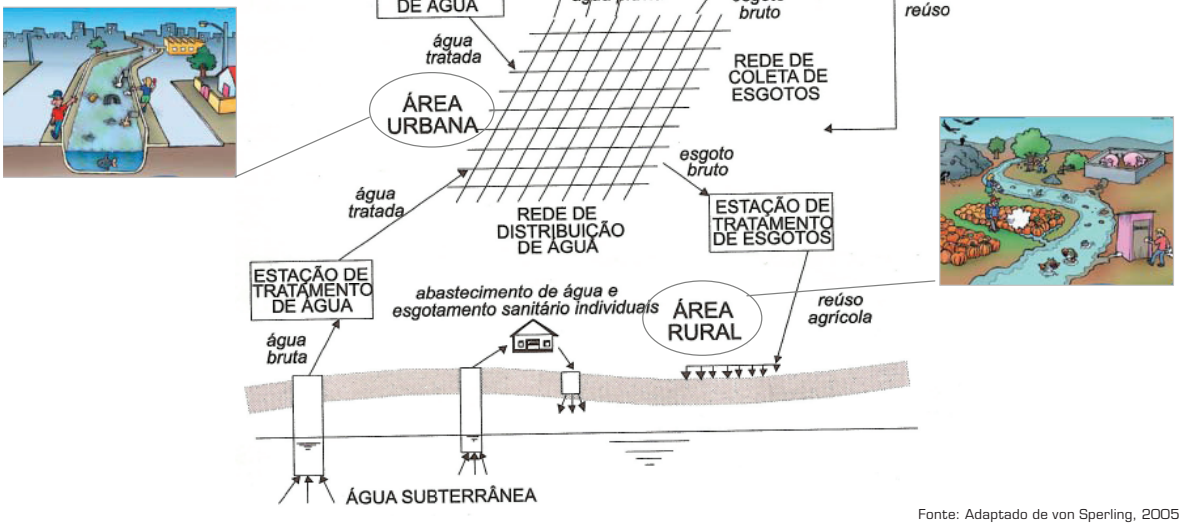
Em uma comunidade qualquer, existem ciclos internos nos quais a água circula, e tem as suas características alteradas em decorrência da sua utilização. Por exemplo, em decorrência do uso da água para abastecimento doméstico, há a geração de esgotos domésticos nas áreas habitacionais ou efluentes industriais onde as indústrias estiverem presentes. Nas áreas preservadas, por sua vez, não há geração de esgotos. Dessa forma, a qualidade da água em uma bacia hidrográfica depende das suas características naturais e da forma como o homem usa e ocupa o solo.

Reflita e se manifeste...

A figura a seguir apresenta as principais rotas de uso da água de interesse no âmbito do saneamento ambiental.

Em quais locais a água tem a sua qualidade alterada? Onde ocorre a incorporação de poluentes? E a remoção de poluentes? A qualidade da água no rio é melhor a montante ou a jusante da área urbana?

Rotas do uso e disposição da água



Fonte: Adaptado de von Sperling, 2005

Consumo de água e geração de esgotos domésticos

Você usa a água para beber, lavar, refrescar-se, cozinhar, regar plantas, entre diversas outras finalidades. A maior parte desses usos tem como conseqüência a incorporação de impurezas à água, gerando os esgotos domésticos.

Agora, com o objetivo de discutir a quantidade de esgoto que geramos, sugerimos que vocês realizem a atividade proposta a seguir. Esperamos que essa atividade nos proporcione uma maior compreensão das relações existentes entre a variação da quantidade de esgotos sanitários que chegam à Estação de Tratamento de Esgotos – ETE e a geração dos esgotos domésticos.

Reflita e se manifeste...

Você e seus colegas devem discutir as questões propostas a seguir.

> Qual a quantidade total de água utilizada na sua residência em um dia? Qual o consumo diário de água por pessoa da sua residência? Do total de água consumida, por dia, em sua residência, estime que percentual será retornado na forma de esgoto doméstico. Quais são os horários em que, usualmente, o consumo de água na sua casa é maior? O seu consumo de água é maior no verão ou no inverno? Você consome mais água nos dias úteis ou no domingo?

Você já sabe o quanto você e seus colegas consomem de água e geram de esgoto por dia. Mas como se calcula o consumo de água e o volume de esgotos gerado por uma localidade? Esse é o nosso próximo assunto!

Vazão de esgotos sanitários

A vazão de esgoto sanitário que alcança a estação de tratamento de esgotos é composta pela soma de três parcelas: a vazão doméstica, a vazão de infiltração e a vazão industrial.

A **vazão doméstica** (Qd) de esgotos em uma determinada localidade, geralmente, é constituída pelos esgotos gerados nas residências, no comércio, e nos equipamentos e instituições presentes na localidade, portanto, a magnitude da vazão doméstica de esgotos é tanto maior quanto maior for a população da comunidade.

É bom lembrar que a vazão doméstica varia substancialmente ao longo das horas do dia, dos dias da semana e dos meses do ano, em decorrência das flutuações no consumo de água.

A **vazão de infiltração** (Q_{inf}) constitui a água que adentra na rede coletora através de tubos defeituosos, juntas, conexões, poços de visita, entre outros. Dessa forma, quanto mais extensa e mais antiga for a rede coletora, espera-se uma maior contribuição da vazão de infiltração no total de esgotos que chegam à estação de tratamento, sobretudo nos períodos de chuva.

A **vazão industrial** (Q_{ind}) depende do tipo e porte da indústria, grau de reciclagem da água, existência de pré-tratamento etc.

Você sabia?

- O consumo de água é calculado em função do número de moradores de uma localidade e do consumo médio diário de água por morador, denominado ***quota per capita*** **(QPC)**.
- O volume de esgotos domésticos gerado é calculado com base no consumo de água dos moradores de uma localidade, considerando a fração de água consumida, cerca de 80%, que retorna na forma de esgotos. Esta fração da água é denominada **coeficiente de retorno "R"** (R = vazão de esgotos/vazão de água).
- A partir da população de projeto (Pop), do consumo médio diário de água por habitante (QPC) e do coeficiente de retorno (R), a **vazão doméstica média** pode ser obtida da seguinte relação:

$$Q_{dméd} = \frac{Pop \times QPC \times R}{86400} \ (L/s)$$

- A **vazão de infiltração** é usualmente quantificada na forma de uma taxa de infiltração por comprimento de rede. A norma brasileira NBR 9649, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), cita a faixa de 0,05 a 1,0 L/s.km.
- A **vazão total média** de esgotos sanitários (Qméd) pode ser obtida pela soma dessas frações, a partir da seguinte expressão:

$$Q_{méd} = Q_{dméd} + Q_{inf} + Q_{ind}$$

Agora, que já sabemos como se calcula a quantidade de esgoto gerado numa localidade, você sabe quais são os poluentes presentes no esgoto? Essa informação é importante para sabermos o potencial do esgoto como poluidor e contaminador das águas. As características do esgoto estão intimamente relacionadas com aspectos operacionais da estação destinada ao seu tratamento, tais como as freqüências de limpeza das unidades, a quantidade de lodo gerado, entre outros fatores de importância na operação da ETE.

Caracterização dos esgotos domésticos

Para iniciar esse assunto, propomos a realização da atividade descrita a seguir. Esperamos que, entre outras reflexões, essa atividade proporcione a você e a seus colegas um maior entendimento das relações existentes entre as características dos esgotos e as suas fontes de geração.

Atividade em grupo...

Você e seus colegas devem discutir as seguintes questões.

> Que impurezas vocês esperam encontrar na água utilizada no tanque, na máquina de lavar roupa, na pia de cozinha, no vaso sanitário, na pia do banheiro e no chuveiro? Quais dessas impurezas causam problemas na operação e manutenção de estações de tratamento de esgotos?

Vimos que diferentes impurezas são incorporadas à água em cada uma das fontes de geração citadas (pia, chuveiro, vaso sanitário etc). Representar cada uma delas para caracterizar os esgotos seria extremamente trabalhoso ou até mesmo impossível. Conseqüentemente, como é feita a caracterização do esgoto? Quais são os principais parâmetros utilizados para essa finalidade?

Reflita e se manifeste...

Você conhece algum parâmetro de caracterização dos esgotos? Quais os impactos sobre o meio ambiente e quais riscos à saúde estão associados a esses parâmetros? Quais parâmetros são removidos na estação de tratamento em que você trabalha?

Vamos, agora, conhecer um pouco mais sobre as características dos esgotos domésticos!

Parâmetros de caracterização dos esgotos domésticos

Assim como ocorrem variações na vazão de esgoto que chega à ETE, as concentrações de poluentes no esgoto também variam substancialmente ao longo das horas do dia, dos dias da semana e dos meses do ano. Por isso, na operação de estações de tratamento, é sempre necessário coletar amostras compostas, ao longo do dia, para realizar a caracterização do esgoto.

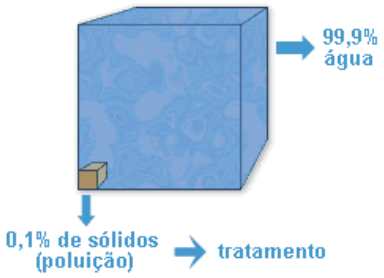
A qualidade dos esgotos pode ser medida por diversos parâmetros que representam suas características físicas, químicas e biológicas. Os principais parâmetros de qualidade são relacionados aos sólidos presentes nos esgotos e são utilizados para a quantificação da matéria orgânica (demanda bioquímica de oxigênio – DBO e demanda química de oxigênio – DQO), dos nutrientes (nitrogênio N e fósforo P) e dos agentes patogênicos que são organismos causadores de doenças (coliformes e ovos de helmintos).

Sólidos

Todos os contaminantes da água, com exceção dos gases, contribuem para a carga de sólidos (orgânicos, inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos).

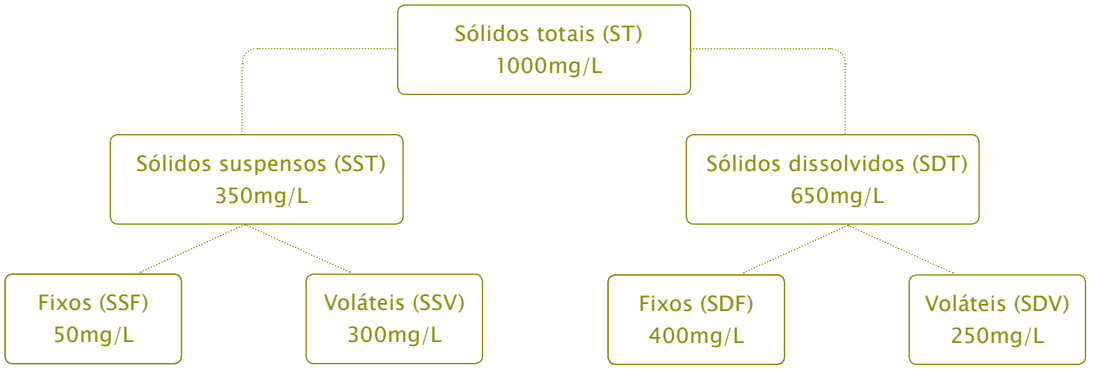
Você sabia?

Os esgotos domésticos contêm 99,9% de água e 0,1% de sólidos. Para remover essa pequena fração referente aos sólidos, é que os esgotos devem ser tratados.



Apresentamos, a seguir, uma distribuição típica dos sólidos constituintes dos esgotos domésticos.

Distribuição típica dos sólidos constituintes do esgoto bruto



Fonte: adaptado de von Sperling, 2005

- Os sólidos voláteis são associados à matéria orgânica presente nos esgotos.
- Na operação de estações de tratamento de esgotos, a relação STV/ST é usualmente utilizada para expressar a fração orgânica presente no lodo, ou seja, o grau de estabilização do lodo biológico.
- Na operação de estações de tratamento de esgotos, os SSV presentes no efluente do tratamento biológico usualmente são atribuídos à biomassa perdida junto com o efluente e, portanto, permitem avaliar o desempenho dos mecanismos de retenção da biomassa na unidade.
- Os sólidos sedimentáveis (SSed) são aqueles capazes de se sedimentarem no período de 1 (uma) hora.

Faixas típicas de valores no esgoto bruto:

ST = 700 - 1350 mg/L

STV = 365 - 700 mg/L

SST = 200 - 450 mg/L

SSV = 165 - 350 mg/L

SSed = 10 - 20 mL/L

A matéria orgânica presente nos esgotos

A quantificação da matéria orgânica presente nos esgotos é usualmente realizada de forma indireta, através das análises laboratoriais da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e da Demanda Química de Oxigênio (DQO).

A matéria orgânica é o principal problema de poluição dos corpos d'água, por ser o alimento dos microrganismos que utilizam oxigênio dissolvido (OD) para degradá-la, reduzindo a concentração de OD. A dimensão do impacto causado depende da carga poluidora (DBO) do esgoto e da capacidade do corpo receptor de restabelecer o equilíbrio no meio aquático. A esse fenômeno de assimilação da carga poluidora relaciona-se o conceito de autodepuração das águas.

Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

- A DBO mede, indiretamente, a quantidade de matéria orgânica presente nos esgotos e consiste na determinação da quantidade de oxigênio consumido pelos microrganismos aeróbios para a degradação da matéria orgânica.
- O teste da DBO realiza-se em cinco dias, o que reduz a sua utilidade no controle operacional de estações de tratamento. A DBO é utilizada na ETE, no monitoramento e na avaliação do desempenho das unidades, bem como na verificação de atendimento do efluente final da estação aos padrões ambientais de lançamento.

Faixa típica de DBO no esgoto bruto
250 - 400 mg/L

Demanda química de oxigênio (DQO)

- A DQO representa a quantidade de matéria orgânica presente nos esgotos. Consiste na medição da quantidade de oxigênio consumido para a oxidação química da matéria orgânica; todavia, no teste da DQO, é oxidada também a matéria orgânica não biodegradável. Por esse motivo, a DQO do esgoto é sempre maior que a sua DBO.
- O teste da DQO dura poucas horas, favorecendo a sua utilização no controle operacional de estações de tratamento. A DQO também é utilizada na ETE, no monitoramento e na avaliação do desempenho das unidades, e na verificação de atendimento aos padrões ambientais.

Faixa típica de DQO no esgoto bruto
450 - 800 mg/L

A relação DQO/DBO indica o grau de biodegradabilidade da matéria orgânica presente nos esgotos. Em estações de tratamento de esgotos, essa relação tende a aumentar à medida que o esgoto passa pelas unidades do sistema em decorrência da redução da fração biodegradável. Portanto, na operação de estações de tratamento, essa relação pode indicar a eficiência das unidades na remoção da matéria orgânica biodegradável. Dessa forma, quanto maior a eficiência do tratamento, maior essa relação, podendo chegar a 5,0 no efluente final da estação.

Os nutrientes presentes nos esgotos

Os principais nutrientes de interesse para a engenharia sanitária na caracterização de esgotos sanitários são o nitrogênio (N) e o fósforo (P).

Nitrogênio e Fósforo (N e P)

- São nutrientes essenciais para o crescimento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico e também para o crescimento de algas e outras plantas aquáticas, podendo provocar a **eutrofização** de lagos e represas. Estão presentes nos esgotos domésticos, fezes de animais e fertilizantes utilizados na agricultura.
- No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas formas de nitrogênio molecular (N2), nitrogênio orgânico, amônia (livre NH3 e ionizada $NH4^{+}$), nitrito ($NO2^{-}$) e nitrato ($NO3^{-}$). O nitrogênio, na forma de amônia livre, é diretamente tóxico aos peixes; na forma de nitrato, o nirogênio pode causar uma doença conhecida como síndrome do bebê azul, que pode levar a criança à morte.
- Nos esgotos domésticos, predominam o nitrogênio orgânico e a amônia, que, juntos, constituem o chamado *Nitrogênio Total Kjeldahl* (NTK). A forma predominante do nitrogênio em um corpo d'água pode indicar se a poluição é recente (se predomina a amônia) ou remota (se predomina o nitrato).
- Em estações de tratamento de esgotos ou em cursos d'água, a conversão da amônia a nitrito, e deste a nitrato (nitrificação), implica o consumo de OD.

Faixas típicas de valores no esgoto bruto:
Nitrogênio total = 35 – 60 mgN/L
Amônia total = 20 - 35 mgNH3-N/L
Fósforo = 4 - 15 mgP/L

Você sabia?

A **eutrofização** é o crescimento exagerado de algas e plantas aquáticas, causado por excesso de nutrientes (N e P), sendo mais comum em locais onde há águas paradas, como lagos, lagoas e represas.

São conseqüências da eutrofização:

- A redução do OD e danos aos peixes e a outros organismos.
- Prejuízos a alguns usos da água, como abastecimento de água e recreação.

A principal forma de controle da eutrofização é o tratamento dos esgotos.

Organismos patogênicos presentes nos esgotos

Diversos organismos podem ser encontrados nos esgotos. Os principais grupos capazes de causar doenças nos homens e nos animais são as bactérias, os vírus, os protozoários e os helmintos, que trazem riscos à saúde das pessoas.

A possível presença desses agentes patogênicos ressalta a importância das ações de segurança que visam à proteção dos trabalhadores da estação de tratamento de esgoto, tais como: utilizar equipamentos de proteção individual (EPI), realizar a vacinação dos trabalhadores, lavar e esterilizar as mãos e as ferramentas utilizadas após atividades operacionais, enfim, seguir sempre os procedimentos de segurança.

A origem desses organismos patogênicos é predominantemente humana, refletindo diretamente o nível de saúde e as condições de saneamento básico da comunidade. A quantidade de agentes patogênicos presentes no esgoto é bastante variável e depende, entre outros fatores, das condições socioeconômicas e sanitárias da população.
Os principais parâmetros empregados para a avaliação do potencial do esgoto como contaminador das águas são os coliformes termotolerantes e os ovos de helmintos.

Coliformes termotolerantes (C_{ter})

Fonte: webcasan/img

- Grupo de bactérias que vivem, em sua maioria, no intestino de homens e animais, existindo também no meio ambiente.
- Indicam provável contaminação por fezes e possibilidade de presença de microrganismos patogênicos.
- Microrganismos patogênicos são organismos não visíveis a olho nu, capazes de provocar doenças nos homens.

Faixa típica no esgoto bruto

C_{ter} = 10^6 - 10^9 org/100mL

A maior parte dos microrganismos patogênicos tem, no trato intestinal humano, as condições ótimas para sobreviver. Quando são submetidos a condições adversas existentes no corpo d'água, eles tendem a reduzir-se em número, caracterizando o chamado decaimento bacteriano.

Ovos de helmintos

- Os ovos de helmintos, em decorrência da sua resistência a condições adversas, constituem um parâmetro importante ao se avaliar o uso do esgoto para a irrigação. A presença de ovos viáveis pode oferecer risco à saúde dos trabalhadores rurais e aos consumidores de alimentos cultivados, ingeridos crus ou com casca.
- Os ovos de helmintos são removidos nas estações de tratamento de esgotos por mecanismos de sedimentação, portanto, tendem a se acumular junto ao lodo biológico nas unidades da ETE. Por isso, na operação do sistema de tratamento, nas atividades de descarte, secagem e disposição final do lodo de excesso, deve-se evitar o contato direto do operador com o material e utilizar sempre os EPI, para a proteção da saúde dos trabalhadores.

Valores típicos no esgoto bruto

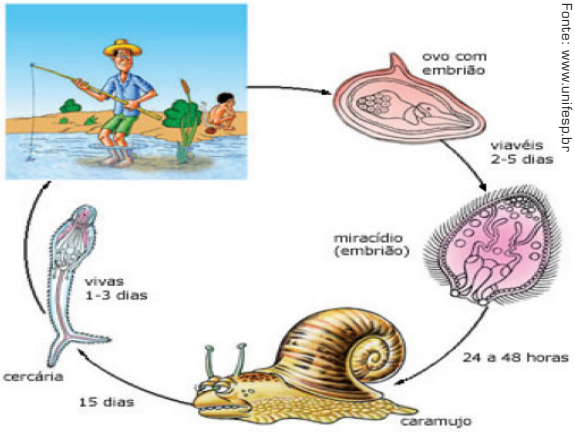
Helmintos (ovos) = 0 a 1.000 org/100mL

Você sabia?

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que a esquistossomose, tipo de helmintose popularmente conhecida pelos brasileiros como “barriga d’água”, “xistose” ou “mal do caramujo”, representa um grave problema de saúde pública em diversos países, onde milhões de pessoas são acometidas pela doença. No ano de 1995, existiam no Brasil cerca de 5,5 milhões de infectados, 35 milhões de habitantes expostos e 800 óbitos por ano.

Este é o ciclo da esquistossomose:

1. Vermes adultos vivem na parede intestinal.
2. Homem infectado elimina ovos nas fezes.
3. Ovos eclodem na água, liberando miracídios.
4. Miracídio encontra o caramujo e nele formam as cercárias (cada miracídio pode produzir até 100 mil cercárias).
5. Caramujo libera as cercárias na água (cerca de 4 500 por dia).
6. Homem entra na água e as cercárias penetram em sua pele levando à formação do Schistosoma.



Fonte: www.unifesp.br

Quantificação dos poluentes

Os impactos causados pelo lançamento de esgotos estão diretamente relacionados com a quantidade de poluentes presentes no despejo. A quantificação do poluente é, portanto, fundamental para a avaliação do impacto do seu lançamento no corpo d’água receptor, sendo realizada por meio da determinação da carga do poluente presente no esgoto.

A **carga** de um determinado poluente é a sua quantificação expressa em termos de massa por unidade de tempo (usualmente, utiliza-se kg/d). Em se tratando de esgotos domésticos, a carga pode ser calculada de acordo com a relação:

$$\text{Carga (kg/d)} = \frac{\text{concentração (g/m}^3\text{) x vazão (m}^3\text{/d)}}{\text{1000 (g/kg)}}$$

Neste conceito-chave, discutimos as características do esgoto doméstico, dos seus constituintes de interesse e aspectos de geração e do seu potencial como poluidor e contaminador das águas. Mas como solucionar o problema de poluição e contaminação das águas? Para responder a essa questão, vamos discutir o tratamento de esgotos, tema do nosso próximo conceito-chave.

Para iniciar esse assunto, vamos realizar a leitura do texto apresentado a seguir!

Para ler e refletir...

Soneto do Operador de ETE

Parei outro dia e pensei que o importante é trabalhar
pra criar os meus filhos e minha mulher enfeitar.
Por isso, todo dia, com o sol eu levanto e num costumo falhar.
Mas qual a importância do meu trabalho num contexto mais popular?

Se o esgoto não é tratado, causa impacto ambiental,
eutrofiza a lagoa e prejudica o natural,
acaba com os peixes do rio e com a saúde do animal,
causa doenças nas pessoas e enche os leitos do hospital.

Do meu trabalho depende o bom funcionamento da estação,
a qualidade do efluente e as eficiências de remoção,
o impacto no ambiente e sobre a saúde da população.

Sonho um dia com águas limpas pra pescar e pra nadar,
matar a sede do povo sem a saúde afetar.
Agora eu sei que o meu trabalho faz a vida das pessoas melhorar!

Autor: Fernando Silva de Paula

Qual é a profissão do sujeito do texto? Você concorda com as idéias dele?

Para que você possa refletir um pouco mais sobre o seu trabalho, propomos a realização da dinâmica descrita a seguir.

Dinâmica do ão

1º momento: Reunidos em um único grupo, você e seus colegas receberão um cartão com uma palavra escrita. Em seguida, iremos assistir à exibição de um videoclipe.

2º momento: Num momento em que todos estejam reunidos e dispostos em um único círculo, você deve dizer para os seus colegas qual é, em sua opinião, a relação existente, no contexto da música, entre o seu trabalho e a palavra que você recebeu.

Vamos, agora, iniciar o nosso segundo conceito-chave!

Tratamento de esgotos domésticos

OBJETIVOS:

- Discutir os objetivos do tratamento de esgotos.

- Apresentar alguns padrões ambientais de interesse.

- Apresentar os níveis de tratamento de esgotos.

- Apresentar e discutir os principais sistemas simplificados de tratamento de esgotos domésticos.

Sabemos que o consumo de água nas nossas atividades cotidianas implica na geração de esgoto e, também, que alguns constituintes dos esgotos podem causar danos à saúde das pessoas e ao meio ambiente. Para solucionar esses problemas, foram concebidos os sistemas de tratamento dos esgotos, tema deste nosso conceito-chave.

Antes de iniciarmos as discussões sobre os sistemas de tratamento de esgotos, vamos tratar das formas de coleta e transporte dos esgotos sanitários, realizando o seguinte debate.

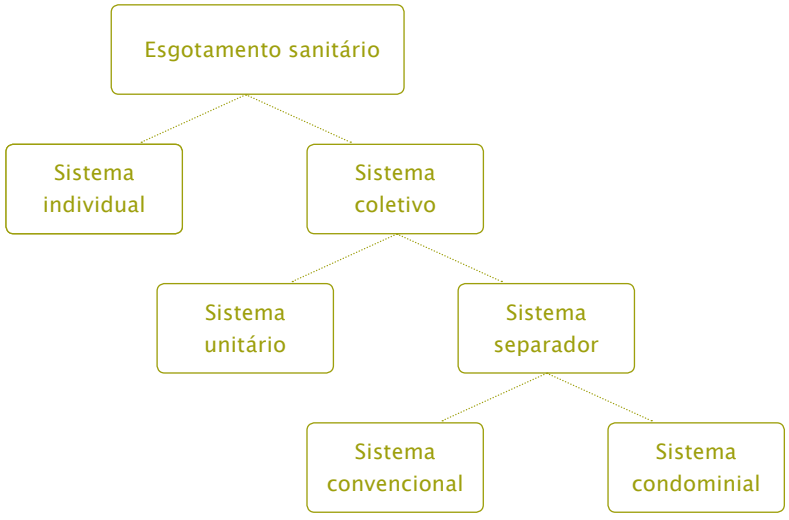
Reflita e se manifeste...

Qual é o destino do esgoto gerado na sua residência? Na sua comunidade, existe rede de coleta de esgotos? Os esgotos gerados na sua comunidade são submetidos a alguma forma de tratamento?

Coleta e transporte dos esgotos

Para que os esgotos sejam tratados, é necessário que eles sejam coletados e transportados até as unidades responsáveis pelo seu tratamento, que pode ocorrer próximo aos locais de geração (residências) ou de forma centralizada, dependendo do tipo de solução para o sistema de esgotamento sanitário utilizado. Existem diferentes tipos de sistemas de esgotamento sanitário. A figura a seguir ilustra os diferentes tipos mais comumente utilizados.

Principais variantes de esgotamento sanitário



Fonte: adaptado de von Sperling, 2005

Nesta oficina de capacitação, trataremos com maior detalhe do sistema coletivo, já que ele envolve as estações de tratamento de esgotos como etapa final do sistema.

Para saber mais...

"Em sistemas separadores, em termos práticos, é difícil a separação absoluta dos esgotos e das águas pluviais. Conexões clandestinas de águas de chuva na rede de coleta de esgotos sanitários e de esgoto em redes de drenagem de águas pluviais infelizmente ocorrem freqüentemente, e constituem um desafio para a adequada operação dos sistemas." (von Sperling, 2005).

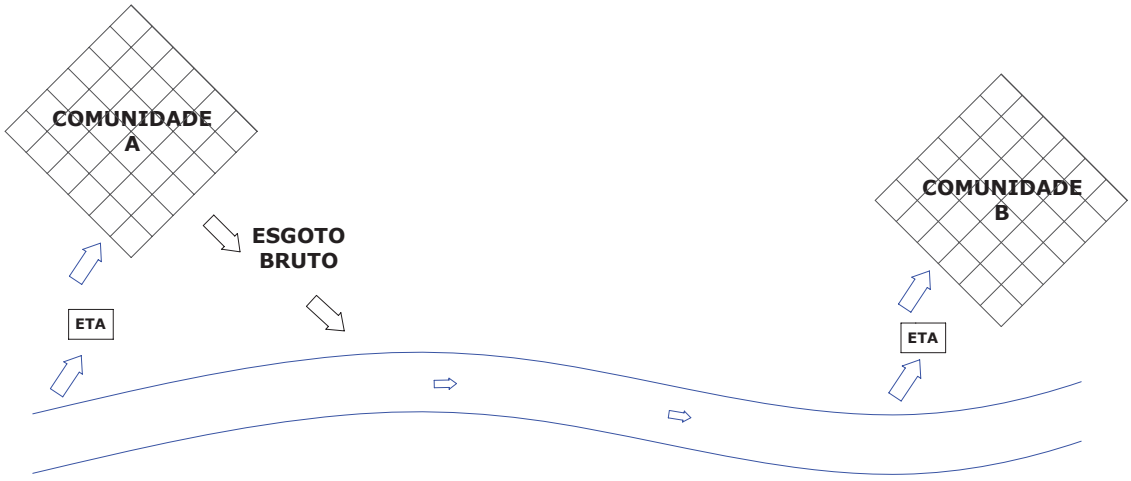
Poluentes presentes nos esgotos e objetivos do tratamento

Vimos, no primeiro conceito-chave, que os principais impactos do lançamento dos esgotos em corpos d'água são a poluição por matéria orgânica e a conseqüente redução do OD (relacionado à autodepuração), a eutrofização em decorrência do aporte de nutrientes em lagos e represas e a contaminação das águas por agentes patogênicos que oferecem riscos à saúde das pessoas.

Vamos, agora, iniciar a nossa discussão sobre os objetivos do tratamento de esgotos, realizando o seguinte debate.

Reflita e se manifeste...

A figura a seguir mostra duas comunidades, A e B, situadas à margem de um rio, em dois pontos distintos do seu curso. As duas cidades utilizam as suas águas para o abastecimento e também para lançar os seus esgotos, como pode ser visto na mesma figura.



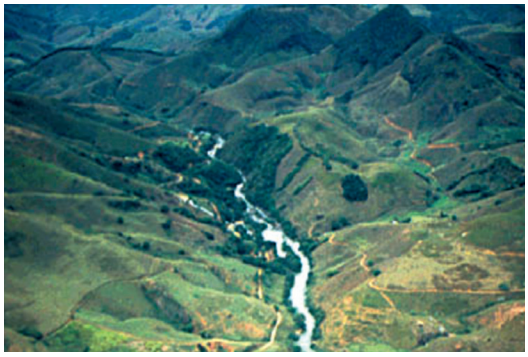
ETA - Estação de Tratamento de Água

Quais os impactos e as implicações que a presença da comunidade A impõe à comunidade B? Como podem ser reduzidos?

Vimos, nesse debate, um exemplo de um possível conflito pelo direito de uso da água. De fato, o planejamento e o gerenciamento de rotas do uso e disposição da água, ou seja, as obras e intervenções necessárias, relativas às águas, esgotos e águas pluviais, realizadas no contexto da **bacia hidrográfica**, são fundamentais para a garantia da qualidade desejada da água em função dos usos a que se destina.

Você sabia?

Bacia Hidrográfica é uma área natural cujos limites são definidos pelos pontos mais altos do relevo (divisores de água ou espigões dos montes ou montanhas) e dentro da qual a água das chuvas é drenada superficialmente pelo curso d'água principal até sua saída da bacia, no local mais baixo do relevo, ou seja, na foz do curso d'água.



Fonte: www.eco.unicamp.br

Fonte: www.manage.uff.br

Para ler e refletir...

O texto a seguir foi retirado do site www.rededasaguas.org.br (acessado em 18/07/2007). Ele trata da importância da bacia hidrográfica como unidade fundamental de planejamento integrado das ações de saneamento. Vamos lê-lo!

A Bacia (Hidrográfica) Como Unidade de Planejamento

[...] "Para enfrentar problemas como poluição, escassez e conflitos pelo uso da água, foi preciso reconhecer a bacia hidrográfica como um sistema ecológico, que abrange todos os organismos que funcionam em conjunto numa dada área, entender como os recursos naturais estão interligados e são dependentes."

"Ou seja, quando o curso de um rio é alterado para levar esgotos para longe de uma determinada área, acaba por poluir outra. Da mesma forma, a impermeabilização do solo em uma região provoca o escoamento de águas para outra, que passa a sofrer com enchentes. Diante de exemplos como esses, tornou-se necessário reconhecer, na dinâmica das águas, que os limites geográficos para trabalhar o equilíbrio ecológico têm que ser o da bacia hidrográfica, ou seja, o espaço territorial determinado e definido pelo escoamento, drenagem e influência da água, do ciclo hidrológico na superfície da Terra, e não aquelas divisões políticas definidas pela

sociedade, como municípios, estados e países, que não comportam a dinâmica da natureza."

[...] "Todo desenvolvimento de regiões urbanizadas e rurais é definido de acordo com a disponibilidade das águas doces, ou seja, sua quantidade e qualidade. Portanto, para promover o desenvolvimento sustentável e o intercâmbio entre regiões com interesses comuns, ou entre as que brigam pelo direito de utilizar a água para determinado fim, foi preciso reconhecer e adotar o conceito de bacia hidrográfica em todo o mundo. [...]"

Fonte: www.redeaguas.org.br

Você concorda com a opinião do autor?

Você já sabe que o principal problema de poluição dos cursos d'água no Brasil é o lançamento de esgotos. Mas você sabia que o tratamento dos esgotos é a principal e, geralmente, a única estratégia empregada para o controle da poluição por matéria orgânica? Além da remoção de matéria orgânica, o tratamento de esgotos pode alcançar outros objetivos.

Vamos, agora, discutir os principais objetivos do tratamento dos esgotos. Para isso, propomos o debate a seguir.

Reflita e se manifeste...

Quais são os objetivos do tratamento de esgotos na estação que você opera? Qual a seqüência de unidades (e/ou etapas) existentes na ETE em que você trabalha? Por que as unidades estão instaladas nessa seqüência? Quais são os objetivos do emprego de cada uma delas no fluxograma da ETE?

A figura a seguir apresenta uma síntese dos principais objetivos do tratamento dos esgotos.

Remoção de sólidos em suspensão

A remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis, bem como de materiais flutuantes e de parte da matéria orgânica em suspensão, presentes nos esgotos, é realizada no tratamento primário (decantadores primários) e visa à proteção ambiental, evitando o aumento da turbidez e o **assoreamento** do corpo d'água receptor.

Nos fluxogramas dos sistemas simplificados de tratamento de esgotos, abordados na nossa oficina de capacitação (assunto do nosso próximo conceito-chave), não são empregados decantadores primários. Em decorrência disso, a remoção de sólidos em suspensão ocorre na primeira unidade de tratamento biológico (lagoa anaeróbia, tanque séptico ou reator UASB).

Você sabia?

Assoreamento é o acúmulo de sedimentos e sua principal conseqüência é a redução da profundidade e do volume útil dos corpos d'água, podendo ocasionar inundações e deterioração da qualidade da água.

Fonte: www.reporterbrasil.com.br

Remoção de matéria orgânica

A remoção de matéria orgânica é, usualmente, o principal objetivo do tratamento de esgotos, visando à preservação ambiental. Na estação de tratamento, a remoção de matéria orgânica (DBO e DQO) ocorre, principalmente, nos reatores biológicos.

Remoção de organismos patogênicos

A contaminação do corpo receptor por agentes patogênicos é o aspecto de maior importância na avaliação dos impactos sobre a saúde, decorrentes do lançamento de esgoto nos corpos d'água. Por isso, em estações de tratamento de esgotos, busca-se a remoção desses organismos, alcançada por meio da utilização dos seguintes fatores e mecanismos.

Agentes patogênicos	Fatores e mecanismos de remoção
Bactérias e vírus	Temperatura, insolação, pH, escassez de alimentos, competição, entre outros.
Cistos de protozoários e ovos de helmintos	Sedimentação

Nos sistemas simplificados de tratamento de esgotos abordados em nossa oficina, a remoção de organismos patogênicos, como cistos de protozoários (*Giárdia sp.*, por exemplo) e principalmente de ovos de helmintos (por exemplo, ovos de *Ascaris Lumbricoides*), ocorre por sedimentação no tanque séptico, no reator UASB e na lagoa anaeróbia, levando ao acúmulo dos ovos e cistos junto ao lodo dessas unidades da estação. Já a remoção de microrganismos patogênicos (representados pelos coliformes) ocorre em unidades específicas para essa finalidade, geralmente em lagoas de maturação e lagoas de polimento.

Remoção de nutrientes

Os objetivos da remoção de nutrientes (N e P) nas estações de tratamento também estão diretamente relacionados aos impactos causados pelo seu aporte nos corpos receptores. Dessa forma, busca-se remover a amônia para evitar o consumo de OD no corpo d'água em decorrência da sua oxidação (nitrificação). Em estações de tratamento que lançam os seus efluentes em lagos e represas, o principal objetivo da remoção de nutrientes é o controle da eutrofização. A remoção de nutrientes é alcançada, usualmente, no tratamento em nível terciário, sendo pouco comum em nosso meio.

Nos sistemas simplificados de tratamento de esgotos, abordados nesta oficina de capacitação (assunto do nosso próximo conceito-chave), a remoção de nutrientes ocorre nas lagoas de maturação e de polimento.

Eficiências de remoção de poluentes

A eficiência da ETE ou de uma de suas unidades constituintes, de remoção de um determinado poluente, pode ser calculada de acordo com a relação a seguir:

$$\text{Eficiência de remoção (\%)} = \frac{(\text{concentração afluente} - \text{concentração efluente})}{\text{concentração afluente}} \times 100$$

Vamos praticar!

Atividade individual...

Uma ETE simplificada é empregada para o tratamento de esgotos domésticos com concentração média de DBO de 300 mg/L. Para atender aos padrões ambientais de lançamento final em corpos d'água, a concentração de DBO no efluente da estação deve ser inferior a 60 mg/L.

Calcule a eficiência mínima de remoção de DBO que deve ser alcançada na ETE.

Considerando que a ETE é constituída por tanques sépticos seguidos de filtros anaeróbios, verifique, com base nos valores típicos que estão nas tabelas apresentadas ao fim deste conceito-chave, se a concentração efluente e a eficiência mínima calculada são usualmente alcançadas nesse sistema de tratamento.

Vimos que os principais objetivos do tratamento dos esgotos são a remoção de sólidos em suspensão, matéria orgânica, organismos patogênicos e nutrientes. Mas como determinar quais poluentes devem ser removidos na ETE e qual a eficiência de remoção necessária a cada um deles? Os objetivos do tratamento dos esgotos são determinados, sobretudo, em decorrência das características do corpo d'água receptor, cuja qualidade da água é resguardada por limitações impostas pelos órgãos ambientais sobre a qualidade do efluente da estação, e que são traduzidas por padrões ambientais. Esse será nosso próximo assunto.

Padrões ambientais: padrão de lançamento e padrão de corpos d'água

Para a proteção do corpo receptor, resguardando os usos previstos para a água, são estabelecidos os padrões ambientais que regulamentam e limitam o lançamento de impurezas nos corpos d'água.

No Brasil, a lei que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água divide as águas doces em 5 diferentes classes, em função dos usos predominantes da água: classe especial, classes 1, 2, 3 e 4, em ordem decrescente de exigência de qualidade. Nas águas de classe especial, é vedado o lançamento de efluentes domésticos, mesmo que tratados. Nas demais classes da água, a qualidade a ser mantida no corpo d'água é determinada por duas vias, pelos padrões de corpos d'água, apresentado a seguir de forma simplificada, e pelos padrões de lançamento de efluentes.

Principais padrões de qualidade da água

Parâmetro	unidade	Padrão para corpo d´água			
		1	2	3	4
DBO	mg/L	3	5	10	
OD		6	5	4	2
Coliformes termotolerantes	org/100mL	200	1000	2500	

Fonte: resolução CONAMA nº 357, de 17/03/2005

Os padrões de lançamento de efluentes são balizados pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, por meio da Resolução nº 357. Essa Resolução dispõe que os órgãos ambientais deverão estabelecer a carga poluidora máxima para o lançamento de poluentes nos corpos receptores, de modo a não comprometer as metas estabelecidas pelo enquadramento para o corpo d'água.

Mais informações sobre padrões ambientais e qualidade da água podem ser encontradas no guia da oficina intitulada “Qualidade da água e controle da poluição – nível 2”

Para permitir o atendimento aos padrões ambientais e, conseqüentemente, a qualidade desejada da água em função dos seus usos preponderantes, via de regra, é necessário o tratamento dos esgotos antes do seu lançamento no curso d’água. Você sabia que existem diferentes níveis de tratamento de esgotos? Vamos aprofundar um pouco mais esse assunto.

Níveis de tratamento de esgotos

O tratamento de esgotos pode ser classificado em diferentes níveis: preliminar, primário, secundário e terciário, que utilizam de mecanismos físicos, químicos e/ou biológicos de remoção de impurezas.

Níveis de tratamento de esgotos

- **Tratamento preliminar:** remove sólidos grosseiros e areia.
- **Tratamento primário:** remove sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica.
- **Tratamento secundário:** remove matéria orgânica e, eventualmente, nutrientes.
- **Tratamento terciário:** remove nutrientes, organismos patogênicos e poluentes específicos (compostos tóxicos, não biodegradáveis etc.).

Vamos, agora, abordar cada um desses níveis de tratamento!

Tratamento preliminar

Esta etapa, a primeira do sistema de tratamento, é baseada em mecanismos físicos de remoção de poluentes e deve existir em todas as estações de tratamento de esgotos sanitários. O tratamento preliminar é composto por unidades de gradeamento, desarenadores e medidor de vazão.

Gradeamento

As principais finalidades da remoção de sólidos grosseiros nas grades são:

- Proteger as unidades de tratamento que se seguem.
- Proteger as bombas e a tubulação.
- Proteger os corpos d'água receptores.

Desarenadores

As principais finalidades da remoção de areia nos desarenadores são:

- Evitar abrasão dos equipamentos e tubulações.
- Eliminar ou reduzir obstruções em tubulações e outras unidades.
- Facilitar o transporte do líquido.

Medidores de vazão

O medidor Parshall é um instrumento clássico utilizado para a medição da vazão afluente à estação de tratamento de esgotos (ETE). A figura a seguir apresenta a simbologia usualmente utilizada para a representação das unidades que compõem o tratamento preliminar e algumas fotos dessas unidades.

Gradeamento	Caixa de areia	Medidor Parshall

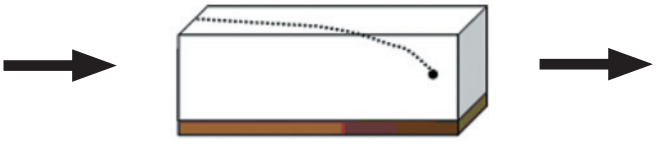
Fonte: ETE em Juiz de Fora/MG e ETE Paranoá em Brasília/DF

Tratamento primário

Nesta etapa predominam os mecanismos físicos de remoção de impurezas (sedimentação).

Os esgotos provenientes do tratamento preliminar contêm ainda os sólidos em suspensão não grosseiros, os quais podem ser parcialmente removidos em unidades de sedimentação (decantadores primários). Com a remoção de uma grande parcela dos sólidos em suspensão, remove-se também parte da matéria orgânica.

A seguir, apresentamos a simbologia utilizada para representar os decantadores primários e uma foto dessa unidade.



Fonte: ETE Arrudas (BH/MG)

Tratamento secundário

A essência do tratamento secundário é a inclusão de uma etapa biológica de tratamento, utilizada, principalmente, para a remoção da matéria orgânica. Enquanto nas etapas anteriores predominam os mecanismos físicos de remoção de poluentes, no tratamento secundário, a remoção de matéria orgânica é realizada por meio de reações bioquímicas, realizadas por microrganismos (biomassa).

Existem diversas técnicas empregadas no tratamento biológico de esgotos, com diferentes graus de complexidade operacional e índices de mecanização e sofisticação dos equipamentos.

Como o assunto central da nossa oficina são os sistemas simplificados de tratamento de esgotos (tema do nosso próximo conceito-chave), apresentamos aqui, para efeito de comparação, o fluxograma de um sistema clássico de tratamento biológico, o sistema de lodos ativados convencional, amplamente utilizado para o tratamento centralizado de esgotos.

Fonte: Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente XV (3&4) 2006

Existem inconvenientes no uso desse sistema no Brasil? Quais?

> Caso você se interesse por esse assunto, consulte o guia da oficina de capacitação intitulada "Processos de tratamento de esgotos". Procure informar-se!

Tratamento terciário

Alguns sistemas utilizam ainda uma outra etapa no fluxograma da estação de tratamento, visando remover nutrientes, organismos patogênicos e outros poluentes específicos. Esta etapa, denominada tratamento terciário, é menos comum em nossas estações de tratamento de esgotos e corresponde ao nível mais elevado de tratamento.

Discutimos diversos aspectos relacionados ao tratamento de esgotos. Vamos, agora, focar o assunto principal da nossa oficina, ou seja, os sistemas simplificados de tratamento de esgotos.

Sistemas simplificados de tratamento de esgotos

Vamos iniciar esse assunto procedendo à leitura do texto a seguir e discutindo algumas questões. O objetivo dessas atividades é contextualizar melhor alguns aspectos relacionados ao tratamento de esgotos no Brasil. Esperamos proporcionar a você e a seus colegas um maior entendimento da demanda por sistemas simplificados de tratamento.

Para ler e refletir...

A Opção por Sistemas Simplificados para o Tratamento de Esgotos

No Brasil, a má distribuição da renda e da terra compõe um quadro de desigualdade social que se reflete nos indicadores sociais e de saúde. As regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste apresentam os piores índices sanitários e ambientais do país. A situação, de uma forma geral, é ainda mais grave nas pequenas comunidades rurais e nas periferias dos grandes centros urbanos. O baixo nível econômico dessas regiões, associado à falta de educação sanitária e de saneamento básico, reduz a expectativa e a qualidade de vida da população, e dificulta (ou mesmo impede) o progresso social (Heller, 1997).

Frente ao grande déficit sanitário, aliado ao quadro epidemiológico e ao perfil socioeconômico das comunidades brasileiras, a opção por sistemas de saneamento básico simplificados para a promoção associada da saúde da população e proteção ambiental assume grande importância. Nesse cenário, soluções alternativas para o tratamento de esgotos, baseadas em sistemas simplificados, encontram grande aplicabilidade e têm apresentado vantagens sobre os sistemas convencionais por conjugar baixos custos de implantação e operação, simplicidade operacional, índices mínimos de mecanização e uma maior sustentabilidade do sistema.

Você conhece algum sistema simplificado de tratamento de esgotos? Quais são os principais motivos que levam à necessidade da utilização de sistemas simplificados de tratamento de esgotos? Vamos conhecer um pouco mais os sistemas simplificados de tratamento de esgotos!

Nos sistemas simplificados de tratamento de esgotos, a qualidade esperada do efluente é bastante semelhante à proporcionada pelos sistemas convencionais, porém com menores custos e maior sustentabilidade, com grandes possibilidades de aplicação.

Os principais sistemas simplificados de amplo emprego no país para o tratamento de esgotos domésticos são as lagoas, a fossa séptica seguida por filtro anaeróbio (FA), o reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) seguido por: filtro biológico percolador (FBP), filtro anaeróbio (FA) ou lagoas de polimento (LP), além da aplicação superficial no solo (AS).

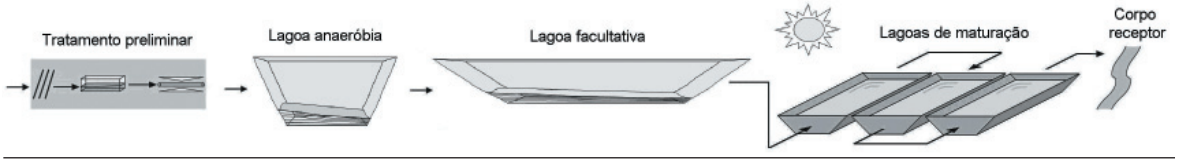
Lagoas de estabilização seguidas por lagoas de maturação

Existem diferentes modalidades de lagoas empregadas para o tratamento de esgotos. Uma das principais técnicas de tratamento por sistemas de lagoas é a combinação de lagoa anaeróbia seguida por lagoa facultativa e lagoas de maturação. As duas primeiras são as que, efetivamente, consistem em lagoas de estabilização (que estabilizam a matéria orgânica). As lagoas de maturação têm a função de remover patógenos.

A maior parte da DBO do esgoto é removida na lagoa anaeróbia (mais profunda e com menor volume). Na lagoa facultativa, predominam as bactérias facultativas, capazes de adaptação aos ambientes aeróbios (mais à superfície) e anaeróbios (no fundo das lagoas). O oxigênio necessário à estabilização da matéria orgânica é fornecido, em grande parte, por algas que realizam a fotossíntese.

Nas lagoas de maturação, com a carga orgânica já bastante reduzida, a fotossíntese ocorre em grande intensidade, estabelecendo, assim, um ambiente com elevados teores de OD. As condições ambientais favorecem a remoção de organismos patogênicos e podem alcançar eficiência relativamente elevada de remoção de nitrogênio.

A seguir, apresentamos um fluxograma simplificado desse processo.

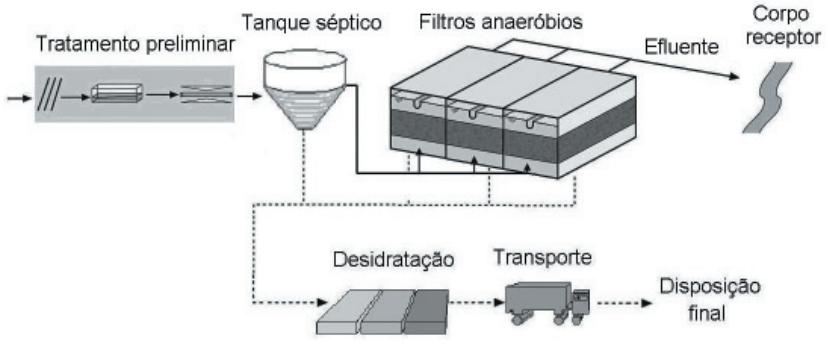


Fonte: ETE Brazlândia/DF

Tanque séptico seguido por filtro anaeróbio

Os tanques sépticos seguidos por filtros anaeróbios (também chamados de sistema fossa-filtro) têm sido amplamente utilizados para atendimento unifamiliar e de comunidades de pequeno porte. O tanque séptico remove a maior parte dos sólidos em suspensão, os quais se sedimentam e sofrem o processo de digestão anaeróbia pela atuação do lodo que se acumula no fundo do tanque. O tempo de permanência do lodo no tanque permite que o mesmo seja estabilizado no próprio reator, ou seja, proporciona a redução da sua fração orgânica (reduzida relação STV/ST). Dessa forma, o lodo removido periodicamente do tanque é encaminhado para uma unidade de desaguamento, usualmente, para os **leitos de secagem**.

O efluente do tanque séptico é encaminhado ao filtro anaeróbio. O esgoto entra na parte inferior, passa por um material de enchimento (pedras ou outros materiais) e sai pela parte superior. O filtro anaeróbio efetua uma remoção complementar de DBO, que pode ocorrer por duas vias: (i) pela retenção física da matéria orgânica particulada (de maiores dimensões) através do meio suporte e decantação ao longo da unidade; (ii) pela atuação da camada de biomassa que cresce aderida ao meio suporte (biofilme). Os microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica crescem no fundo do filtro e também aderidos ao material de enchimento. O lodo de excesso descartado periodicamente do filtro anaeróbio também já sai estabilizado, portanto, é encaminhado conjuntamente com aquele proveniente do tanque séptico para os leitos de secagem. Apresentamos, a seguir, um fluxograma típico desse sistema.



Fonte: ETE experimental UFRJ

Leitos de secagem

São unidades utilizadas para a secagem de lodo, ou seja, para reduzir ao máximo a porcentagem de água no lodo e, com isso, facilitar o seu transporte e disposição final, reduzindo os custos relacionados. A remoção de água do lodo nos leitos ocorre, sobretudo, pela atuação dos mecanismos de percolação e evaporação.

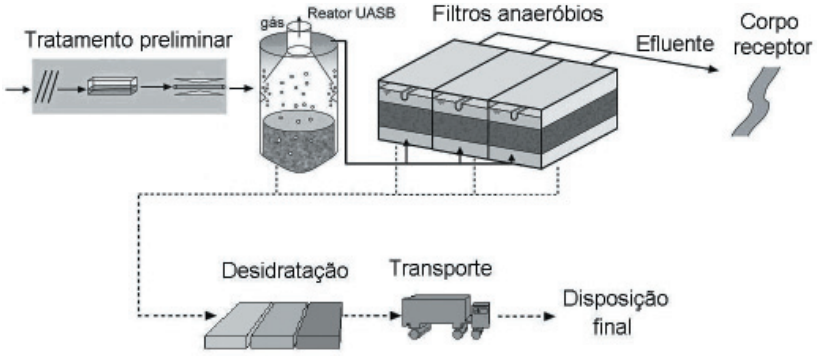
Fonte: ETE Cacadores

Reator UASB seguido por filtro anaeróbio

No reator UASB, a matéria orgânica contida no esgoto é estabilizada por microrganismos anaeróbios que crescem dispersos no reator. O fluxo do líquido é ascendente. A parte superior do reator UASB contém uma estrutura denominada separador trifásico (gás, sólido e líquido). O gás coletado pode ser reaproveitado (energia do metano), devendo ser ao menos queimado. O separador trifásico permite a saída do efluente clarificado e o retorno da biomassa ao sistema. A biomassa que cresce no sistema constitui o lodo cujo excesso (denso e com baixo teor de matéria orgânica) é descartado periodicamente do reator e encaminhado para uma unidade de desaguamento (leito de secagem).

O reator UASB pode ser utilizado de forma isolada ou seguido de alguma forma de pós-tratamento, objetivando elevar a eficiência global do sistema ou incorporar a remoção adicional de outros constituintes, visando ao atendimento aos padrões ambientais.

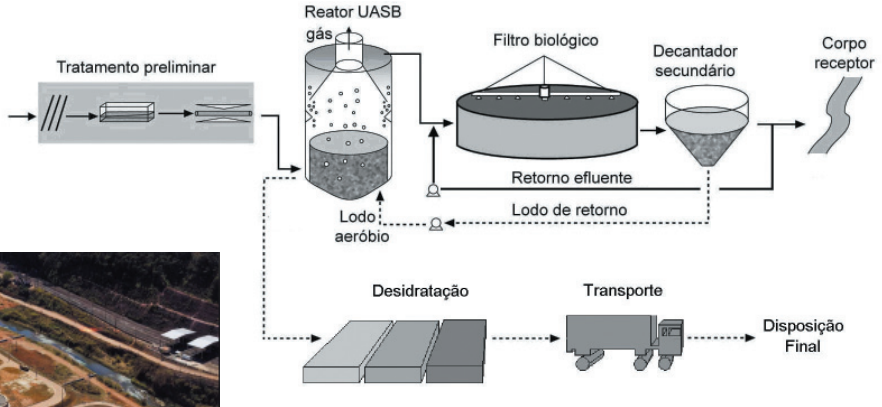
A utilização de filtro anaeróbio para o pós-tratamento do efluente do reator UASB, o qual substitui, com vantagens, o tanque séptico no sistema clássico (TS + FA), tem sido praticada em algumas localidades no Brasil. O filtro anaeróbio atua na remoção complementar da matéria orgânica pela retenção física, decantação e pela atuação do biofilme. Apresentamos, a seguir, um fluxograma desse sistema.



Reator UASB seguido por filtro biológico percolador

A maior parte da matéria orgânica é removida no reator UASB, e o filtro biológico percolador permite uma remoção complementar da DBO, além de alguma remoção de amônia (nitrificação). No FBP, assim como ocorre nos filtros anaeróbios, a biomassa cresce aderida a um material de enchimento, que pode ser constituído de pedras e outros materiais.

Os filtros biológicos percoladores são sistemas aeróbios, pois o ar circula nos espaços vazios entre as pedras, fornecendo o oxigênio para a respiração dos microorganismos que crescem aderidos a um material de enchimento, que pode ser constituído de pedras e outros materiais. O esgoto é aplicado de forma intermitente na parte superior do filtro (na forma de gotas ou jatos), percorrendo-o em direção ao fundo. É importante destacar que o lodo aeróbio gerado no filtro biológico percolador, ainda não estabilizado, é enviado ao reator UASB, onde sofre adensamento e digestão, juntamente com o lodo anaeróbio. Dessa forma, o tratamento do lodo é grandemente simplificado, havendo apenas a etapa de desidratação nos leitos de secagem. A seguir, apresentamos um fluxograma de um sistema composto por reator UASB e filtro biológico percolador.

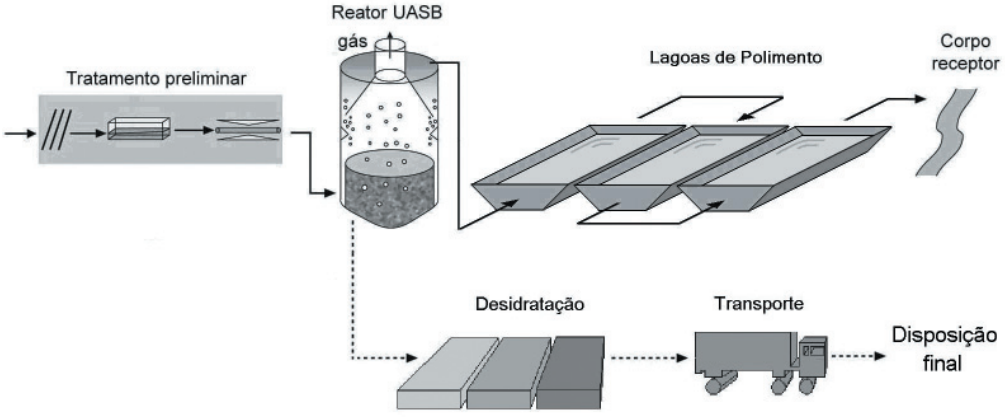


Fonte: ETE Itabira/MG

Reator UASB seguido por lagoas de polimento

As lagoas de polimento são uma alternativa bastante atrativa para o pós-tratamento do efluente do reator UASB, dependendo da disponibilidade de área, sobretudo por alcançar uma elevada remoção de nutrientes e patógenos.

As lagoas de polimento, sobretudo a primeira da série, diferentemente das lagoas de maturação, ainda cumprem alguma função em termos de remoção complementar de DBO. Além disso, assim como as lagoas de maturação, podem ainda alcançar elevada remoção de patógenos e de amônia. Apresentamos, a seguir, o fluxograma típico de um sistema de tratamento com reatores UASB, seguidos por lagoas de polimento



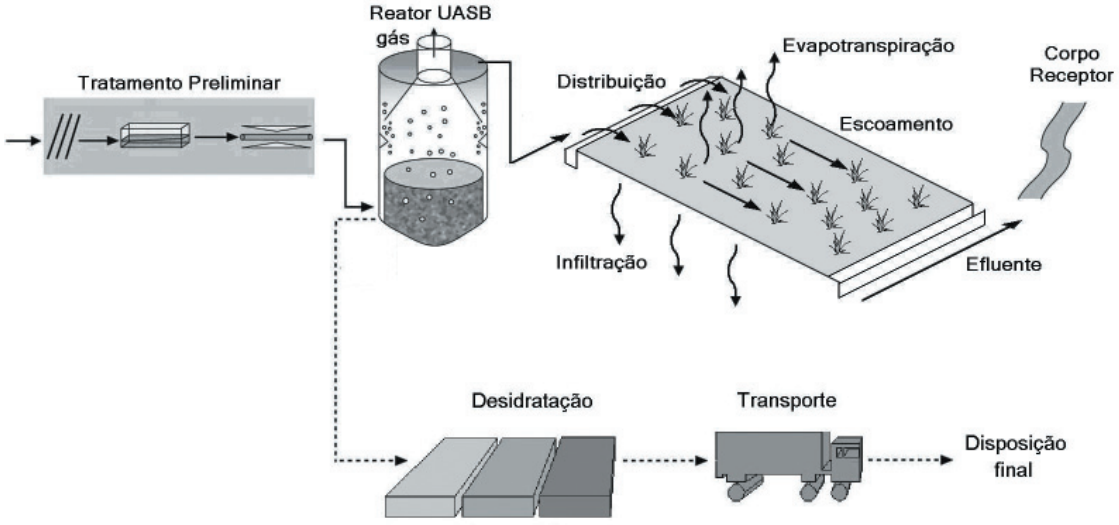
Reator UASB

Fonte: CePTS UFMG

Reator UASB seguido por aplicação no solo

O esgoto proveniente do reator UASB é aplicado de forma intermitente na parte superior de terrenos com certa declividade, através dos quais escoa, até ser coletado por valas na parte inferior. O terreno deve ser plantado com uma vegetação resistente ao alagamento, para auxiliar no tratamento do esgoto e evitar a erosão do terreno.

Esse sistema, além da remoção complementar da DBO, pode ainda ser empregado para a remoção de nitrogênio, o que ocorre por interações químicas no solo e absorção pela biomassa vegetal. Um outro aspecto de importância é a possibilidade de atendimento conjunto, pelo sistema, aos objetivos de tratamento do esgoto e de irrigação, constituindo-se, assim, numa forma de reúso do efluente, haja vista a produção de biomassa vegetal para alimentação animal. A seguir, apresentamos um fluxograma desse processo.



Fonte: Unicamp

Agora que conhecemos os principais sistemas de esgotamento, vamos aprofundar um pouco mais esse assunto, estudando os aspectos quantitativos relacionados aos sistemas de tratamento de esgotos.

Valores típicos dos sistemas de tratamento de esgotos

Para a avaliação do desempenho dos sistemas de tratamento de esgotos, é necessário o conhecimento dos valores típicos neles usualmente observados. As faixas típicas de valores de alguns parâmetros de qualidade dos esgotos tratados sistematicamente, observadas nos principais sistemas simplificados de tratamento de esgotos, bem como das eficiências de remoção usualmente alcançadas, são apresentadas nos quadros a seguir.

Valores típicos de concentrações médias efluentes dos principais poluentes de interesse nos esgotos domésticos

Sistema	Qualidade média do efluente							
	DBO_5 (mg/L)	DQO (mg/L)	SS (mg/L)	Amônia-N (mg/L)	N total (mg/L)	P total (mg/L)	CTer (NMP/100mL)	Ovos helm. (ovo/L)
Lagoa anaeróbia + facultativa + maturação	40 a 70	100 a 180	50 a 80	10 a 15	15 a 20	< 4	10^2 a 10^4	< 1
Tanque séptico + filtro anaeróbio	40 a 80	100 a 200	30 a 60	> 15	> 20	> 4	10^6–10^7	> 1
UASB + filtro anaeróbio	40 a 80	100 a 200	30 a 60	> 15	> 20	> 4	10^6 a 10^7	> 1
UASB + filtro biológico percolador	20 a 60	70 a 180	20 a 40	> 15	> 20	> 4	10^6 a 10^7	> 1
UASB + lagoas de polimento	40 a 70	100 a 180	50 a 80	10 a 15	15 a 20	< 4	10^2 a 10^4	< 1
UASB + escoamento superficial	30 a 70	90 a 180	20 a 60	10 a 20	> 15	> 4	10^4 a 10^6	< 1

Fonte: adaptado de von Sperling (2005)

Precipitação química de fósforo, com qualquer das tecnologias acima: P < 1 mg/L.

Desinfecção: ex. cloração, ozonização, radiação UV: CTer < 10^3/100mL;

Ovos de helmintos: variável

Eficiências típicas de remoção dos principais poluentes de interesse nos esgotos domésticos

Sistema	Eficiência média de remoção						
	DBO (%)	DQO (%)	SS (%)	Amônia-N (%)	N total (%)	P total (%)	CTer (unid. log)
Lagoa anaeróbia + facultativa + maturação	80 a 85	70 a 83	73 a 83	50 a 65	50 a 65	< 50	3 a 5
Tanque séptico + filtro anaeróbio	80 a 85	70 a 80	80 a 90	> 45	> 60	> 35	1 a 2
UASB + filtro anaeróbio	75 a 87	70 a 80	80 a 90	> 50	> 60	> 35	1 a 2
UASB + filtro biológico percolador	80 a 93	73 a 83	87 a 93	> 50	> 60	> 35	1 a 2
UASB + lagoas de polimento	77 a 87	70 a 83	73 a 83	50 a 65	50 a 65	< 50	3 a 5
UASB + escoamento superficial	77 a 90	70 a 85	80 a 93	35 a 65	> 65	> 35	2 a 3

Fonte: adaptado de von Sperling (2005)

Operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos

Para o alcance dos objetivos da implantação de um sistema de tratamento de esgotos, a sua adequada operação e manutenção são fundamentais, tanto que a ocorrência de desempenhos insatisfatórios tem sido atribuída, com freqüência, à operação e à manutenção deficientes de estações de tratamento de esgotos.

Neste nosso último conceito-chave vamos tratar de diversos aspectos do controle operacional de sistemas simplificados de tratamento de esgotos, apresentando informações relativas ao monitoramento e à operação e manutenção desses sistemas. Esperamos que essas informações possam ser úteis para que você realize essas atividades com segurança e de forma a proporcionar o sucesso do tratamento.

No seu trabalho, ao realizar as suas atividades cotidianas, você já parou para pensar sobre os motivos que levam à necessidade da realização dessas atividades? Você já se deparou com algum problema relacionado ao funcionamento da estação de tratamento?

Ao longo desse conceito-chave, sugerimos a construção de um roteiro de procedimentos de operação e manutenção do sistema de tratamento de seu interesse ou do sistema em que você esteja envolvido em seu trabalho, incluindo alguns aspectos do monitoramento, os problemas de ocorrência usuais e os procedimentos para solucioná-los.

A construção do roteiro objetiva consolidar os conhecimentos adquiridos ao longo da oficina, e ele será composto de informações provenientes das atividades propostas a seguir, bem como de outras informações e exemplos apresentados. Para tanto, ao longo deste conceito-chave, em alguns momentos, você será alertado para utilizar as informações disponíveis para compor o seu roteiro.

Vamos começar a elaborar o roteiro de procedimento de operação e manutenção!

OBJETIVOS:

- Discutir a importância do monitoramento como uma ferramenta de controle operacional.

- Refletir sobre a prática de operação e manutenção dos sistemas simplificados.

- Identificar e analisar os principais problemas associados ao funcionamento destes sistemas.

- Relacionar conhecimentos que possibilitem a elaboração de um roteiro de operação e manutenção do sistema de tratamento de seu interesse.

- Refletir sobre a importância do controle operacional no sucesso do tratamento e como instrumento para a identificação de práticas e rotinas capazes de promover a melhoria da saúde e da segurança dos trabalhadores.

Práticas de operação e manutenção do tratamento preliminar

É tão importante o bom funcionamento do tratamento preliminar para o bom desempenho da estação de tratamento de esgotos (ETE) que, como vimos no conceito-chave anterior, "Tratamento de esgotos domésticos", o tratamento preliminar é necessário a todos os sistemas de tratamento. Dessa forma, para iniciar a nossa discussão sobre a operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos, propomos a realização de um debate sobre as seguintes questões relacionadas ao tratamento preliminar.

Reflita e se manifeste...

Por que a primeira etapa do processo de tratamento de esgotos se destina à remoção de sólidos grosseiros e areia? Quais são as implicações de uma eventual não remoção desses materiais no tratamento preliminar?

Agora que discutimos e relembramos a finalidade e a importância do tratamento preliminar, vamos realizar a atividade proposta a seguir, analisando uma situação que pode ocorrer no tratamento preliminar de uma ETE. Essa atividade tem como objetivo proporcionar a você e a seus colegas uma maior percepção da importância do monitoramento do tratamento preliminar, por meio da análise dos dados nele gerados. Esperamos também que você note que a forma de organização desses dados pode facilitar essa interpretação.

Atividade em grupo...

Suponha que, um dia, o supervisor da estação de tratamento que você opera, diante de um aumento acima do esperado do custo com transporte e bota-fora de subprodutos da ETE, faz-lhe as seguintes indagações:

> Houve aumento na quantidade de sólidos grosseiros retidos no tratamento preliminar? Houve aumento na quantidade de areia retida no tratamento preliminar? Quais seriam as possíveis causas e, eventualmente, as soluções para os problemas detectados?

Para atender ao supervisor da ETE, cada grupo receberá uma planilha contendo dados operacionais da estação e alguns gráficos referentes a eles. Cada grupo será responsável pela análise de uma situação possível de ocorrer em uma ETE.

Você e seus colegas devem discutir, com base nos dados do monitoramento do tratamento preliminar, e atender às solicitações do supervisor da estação. É preciso que cada grupo escolha um participante para escrever as respostas na cartela e um relator para apresentá-las aos demais colegas. A apresentação deve conter o problema, possíveis causas e soluções propostas pelo grupo.

Nessa atividade, vimos que alguns problemas podem ser identificados a partir da interpretação dos dados do monitoramento das unidades de pré-tratamento. Mas você sabe como é feito o monitoramento do tratamento preliminar? Vamos discutir esse assunto!

Monitoramento do tratamento preliminar

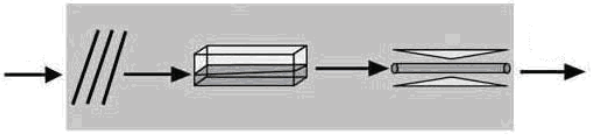
Os parâmetros e a freqüência de monitoramento das unidades que integram o tratamento preliminar podem ser diferentes, em função de especificidades locais e de exigências impostas pelos órgãos de controle ambiental.

Para tratarmos desse assunto, propomos a realização de um debate sobre as questões apresentadas a seguir, o qual terá o objetivo de possibilitar a construção de um quadro-síntese constituído pelos principais parâmetros de monitoramento do tratamento preliminar, como também dos pontos, no fluxograma da ETE, nos quais devem ser obtidos, além da freqüência de determinação de cada um deles.

Aproveite as informações para compor seu roteiro de procedimentos de operação e manutenção do sistema que você escolheu!

Reflita e se manifeste...

Na ETE que você opera, é realizado o monitoramento do tratamento preliminar? Quais são os parâmetros utilizados no monitoramento? Quais são os pontos de monitoramento e qual a freqüência em que são determinados?



Parâmetro	Unidade	Pontos e freqüência de monitoramento				

Discutimos os parâmetros, os pontos e a freqüência de monitoramento do tratamento preliminar. Você sabia que, a partir da análise dos dados desse monitoramento, é possível avaliar o desempenho das unidades integrantes do tratamento preliminar e, inclusive, apontar a eventual necessidade de alterações na rotina operacional dessas unidades?

O bom desempenho da ETE depende substancialmente de uma adequada operação e manutenção de suas unidades. No tratamento preliminar, isso não é diferente.

Vamos, agora, tratar das atividades operacionais de manutenção das unidades do tratamento preliminar!

Operação do tratamento preliminar

Você presencia, em sua rotina de trabalho, a limpeza de grades e caixas de areia? Já parou para pensar sobre a importância dessas atividades? Quais são as implicações das freqüências em que são realizadas? Você sabia que existem diferentes tipos de grades e caixas de areia? Antes de discutirmos a operação do tratamento preliminar, vamos conhecer melhor essas unidades.

Unidade de gradeamento

Existem diferentes tipos de grades que podem ser utilizadas em estações de tratamento de esgotos, caracterizadas pelo espaçamento entre as suas barras constituintes e, sobretudo, pelo tipo de limpeza: manual ou mecanizada.

As grades de limpeza manual constituem a unidade na sua concepção mais simplificada, uma vez que dispensam o uso de equipamentos mecânicos para essa finalidade. As grades de limpeza manual são usualmente utilizadas em ETE de menor porte.

Fonte: ETE Campo Largo

Fonte: ETE Onça

Fonte: ETE Onça

As grades mecanizadas são usualmente utilizadas em estações maiores. O acionamento das grades é comumente comandado por temporizador ou pela diferença de nível do esgoto no canal de entrada, o qual varia com a perda de carga nas barras, que, por sua vez, está relacionada com o acúmulo de material retido.

Fonte: ETE Paranoá

Fonte: ETE Onça

Fonte: ETE Onça

Desarenadores

Assim como as grades, existem diferentes tipos de desarenadores que podem ser utilizados em estações de tratamento de esgotos. A remoção de areia das unidades pode ser manual (como usualmente ocorre em sistemas menores) ou mecanizada (mais empregada em estações de maior porte).

Fonte: ETE em Juiz de Fora/MG

Fonte: ETE Onça, Belo Horizonte/MG

Medidor Parshall

O medidor Parshall é a unidade clássica amplamente empregada nas estações para a determinação das vazões de operação. A unidade permite a medição da vazão por meio da determinação da altura da lâmina d'água em um ponto específico da unidade (a 2/3 da distância da garganta da calha). Isso pode ser feita manualmente, utilizando-se réguas, ou de forma automática, através da utilização de sensores de nível d'água.

Fonte: ETE Campo Largo

Não deixe de aproveitar as informações para compor o seu roteiro de procedimentos de operação e manutenção!

Atividade em grupo...

Suponha, agora, que o supervisor da estação de tratamento em que você opera solicitou-lhe a construção de uma listagem das atividades de operação e manutenção das unidades de gradeamento e caixas de areia da ETE, procurando responder às seguintes questões:

> Qual o protocolo operacional de atividades utilizado na limpeza dessas unidades? Quais ferramentas são utilizadas? Quais os cuidados necessários para que as atividades sejam executadas com segurança? Quais são as principais dificuldades encontradas na realização dessas atividades?

A turma será dividida em dois grupos, e cada grupo será responsável por uma unidade (grade ou desarenador). Você e seus colegas deverão discutir, elaborar e apresentar para os demais participantes da oficina a listagem solicitada pelo supervisor da ETE.

O estabelecimento de uma rotina operacional que possibilite a limpeza das grades e caixas de areia com uma freqüência adequada é fundamental para assegurar uma efetiva remoção dos sólidos grosseiros e da areia presentes no esgoto. A seguir, destacamos alguns aspectos de importância relacionados à operação do tratamento preliminar.

- A operação de limpeza das grades deve ser, no mínimo, diária.
- A remoção da areia nas caixas deve ter uma freqüência de uma vez a cada uma ou duas semanas, dependendo da quantidade de areia no esgoto afluente.
- As características mais importantes dos esgotos que afetam o seu tratamento anaeróbio estão relacionadas aos parâmetros temperatura e pH, portanto, esses parâmetros devem ser medidos, diariamente, no afluente à estação.
- A remoção de quaisquer entupimentos que possam prejudicar a distribuição uniforme do afluente no sistema de tratamento é também fundamental para o sucesso do tratamento. Nesse sentido, a concentração dos sólidos sedimentáveis é um parâmetro importante, pois é indicativo da eficiência do sistema de desarenação.

É sempre bom lembrar que, na realização de todas as tarefas operacionais de uma estação de tratamento de esgotos, é de extrema importância o uso dos equipamentos de segurança. É necessária, minimamente, a utilização de equipamentos de proteção individual (EPI), tais como luvas e botas de borracha, capacete e respirador. O uso dos EPI é fundamental para a segurança e proteção da saúde do operador.

Para que você possa comparar e, eventualmente, complementar a listagem das atividades de operação e manutenção das unidades de gradeamento e caixas de areia da ETE, realizada pelo seu grupo e pelos demais colegas, apresentamos, a seguir, de forma simplificada, alguns exemplos de protocolos operacionais para essas unidades.

Protocolo operacional e de limpeza das grades

Grade de limpeza manual

- Para a realização da atividade, as ferramentas necessárias são: rastelo, pá, carrinho de mão, balde mangueira, saco plástico, arame e formulários de controle.
- Remover o material retido usando o rastelo, com o devido cuidado, de forma a evitar a entrada de sólidos grosseiros no sistema e o contato direto com o material removido.

- Depositar o material removido em vasilhame devidamente protegido e que permita a medição do volume depositado; posteriormente, jatear a grade com água limpa.
- Ao fim do turno, medir o volume do material retirado e anotá-lo em formulário apropriado; em seguida, ensacar o material para ser encaminhado ao aterro sanitário.

Grade de limpeza mecanizada

- Verificar o correto posicionamento da caçamba estacionada para receber os detritos removidos pelas grades.
- Inspecionar o correto espaçamento e paralelismo das barras.
- Por meio do painel de controle, selecionar as grades que devem estar em operação.
- Vistoriar o funcionamento do braço raspador, sua correta parada após o rastelamento e o mecanismo de autolimpeza.
- Detectar ruídos estranhos nos mecanismos móveis, como motores, redutores e mancais de rolamento.
- Verificar se as partes móveis encontram-se devidamente lubrificadas.
- Verificar, diariamente, se o rastelo automático das grades finas está funcionando.
- Verificar o nível de enchimento da caçamba. Quando a capacidade da caçamba estiver quase se esgotando, transportá-la até o local de disposição final e proceder ao aterramento dos resíduos em valas.
- Ao final de cada jornada, recobrir o material depositado com uma camada inerte (solo, entulho etc.).
- Retornar a caçamba para o seu devido lugar.
- Na ocorrência de qualquer anormalidade de funcionamento, o operador deverá desligar o equipamento com defeito e comunicar-se com o responsável pela equipe de manutenção.

Protocolo operacional e de limpeza de caixas de areia

Desarenador de limpeza manual

- Para a realização da atividade, as ferramentas necessárias são: pá, enxada, carrinho de mão, vassoura, mangueira, balde, saco plástico, arame e formulários de controle.
- Colocar a comporta (stop-log) para impedir a entrada de esgoto na caixa, verificando se ficou bem vedada e, em seguida, retirar as vigotas de concreto.

- Utilizando o balde, retirar o líquido que ficou na caixa, o qual deve ser encaminhado para a entrada da caixa de areia em operação.
- Retirar o material depositado com a pá e a enxada, colocando-o no carrinho de mão e, posteriormente, ensacar o material para o seu aterramento.
- Jatear a caixa de areia com água limpa, esfregando as paredes internas com vassoura, e retirar a água de lavagem.
- Recolocar as vigotas de concreto e encher a caixa com água limpa até o nível das vigotas.
- Ao fim do turno, medir o volume do material removido e anotar em formulário adequado.

Desarenador de limpeza mecanizada

- Verificar o correto posicionamento das caçambas estacionadas para receber a areia removida nos desarenadores.
- Vistoriar o funcionamento do braço raspador, que funciona em movimento.
- Por meio do painel de controle, selecionar os desarenadores que devem estar em operação.
- Detectar ruídos estranhos nos mecanismos móveis, como motores, redutores e mancais de rolamento.
- Verificar se as partes móveis se encontram devidamente lubrificadas.
- Verificar, diariamente, se o braço raspador está funcionando.
- Verificar, diariamente, o funcionamento da bomba parafuso (transportador de areia).
- Verificar o nível de enchimento das caçambas. Quando a capacidade das caçambas estiver quase se esgotando, transportá-las até o local de disposição final e proceder ao aterramento dos resíduos em valas.
- Ao final de cada jornada, recobrir o material depositado com uma camada inerte (solo, entulho etc.).
- Retornar as caçambas para os seus devidos lugares.
- Na ocorrência de qualquer anormalidade de funcionamento, o operador deverá desligar os equipamentos do desarenador com defeito e comunicar-se com o responsável pela equipe de manutenção.

Protocolo operacional do medidor Parshall

Em relação ao medidor Parshall, é importante destacar:

- A limpeza diária da unidade é importante para garantir a correta determinação da vazão de operação.
- A constante determinação de vazões diferentes das esperadas pode indicar a necessidade de expansão da rede de esgotamento para aumentar a população beneficiada (ETE subutilizada) ou mesmo de ampliar a capacidade da estação (ETE sobrecarregada) em decorrência do aumento da população atendida.
- As variações repentinas de vazão podem indicar a ocorrência de entupimentos na rede (caso coincida com episódios de extravasamento de esgotos), a ocorrência de infiltrações excessivas ou de ligações clandestinas da rede de águas pluviais (caso coincida com a ocorrência de chuvas) ou mesmo a necessidade de se utilizar um tanque de equalização de vazão, caso os picos diários sejam freqüentemente maiores que os esperados.

Tratamos do monitoramento e da operação e manutenção das unidades integrantes do tratamento preliminar. Quanto à manutenção, você notou que as atividades abordadas constituem ações de manutenção preventiva? E quanto à detecção e correção de problemas operacionais? Vamos, agora, discutir a manutenção corretiva!

Principais problemas operacionais no tratamento preliminar

A ocorrência de problemas operacionais é comum nas estações de tratamento, portanto, é necessário o conhecimento das suas possíveis causas, bem como das formas de detecção e correção dos problemas mais usuais.

Para aprofundarmos um pouco mais nesse assunto, propomos a realização da atividade descrita a seguir, que tem como objetivo resgatar e compartilhar os conhecimentos e experiências de trabalho vivenciadas por você e por seus colegas sobre os principais problemas operacionais usualmente observados no tratamento preliminar.

Aproveite as informações para enriquecer o seu roteiro de procedimentos de operação e manutenção!

Atividade em grupo...

Cada grupo deverá listar os principais problemas, vivenciados ou não por seus membros, que podem ser observados no esgoto bruto e na operação do tratamento preliminar da ETE, relacionando-os com as suas prováveis causas e possíveis soluções. Essa lista de problemas deve ser apresentada para a turma. Para tanto, o grupo deve escolher um relator para apresentar os pontos levantados pelo grupo para os demais colegas.

Apresentamos, a seguir, um conjunto de informações que podem auxiliar a detecção e correção de problemas na operação do tratamento preliminar. Busque identificar aquelas informações que, eventualmente, não foram utilizadas pelo grupo na atividade anterior, e que podem complementar a listagem que vocês construíram.

Problemas operacionais com o esgoto bruto e com o tratamento preliminar e possíveis soluções

Observação	Causa provável	Verificar	Solução
Vazão sempre menor que a esperada	População ou contribuição per capita menor que a projetada	Dispositivo de medição de vazão	Aumentar população beneficiada.
Vazão repentinamente menor que a esperada	Entupimento na rede de esgoto	Extravasamento na área de contribuição	Desentupir a rede de esgotos.
Vazão sempre maior que a esperada	População ou contribuição per capita maior que a projetada	Dispositivo de medição de vazão	Aumentar capacidade de tratamento.
Picos diários maiores que os esperados	Equalização menor que esperada	Dispositivo de medição de vazão	Utilizar tanque de equalização.
Picos repentinos irregulares	Ligação da rede de águas pluviais	Coincidência com chuvas	Desfazer ligação clandestina.
Vazão ocasionalmente maior que a esperada	Infiltração grande de água subterrânea	Coincidência com chuvas	Descobrir pontos de infiltração.
pH anormal	Despejo industrial	Existência de fontes clandestinas	Localizar e atuar sobre as fontes, no sentido de corrigir o problema.
Temperatura anormal	Despejo industrial	Existência de fontes clandestinas	Localizar e atuar sobre as fontes, no sentido de corrigir o problema.
Sólidos sedimentáveis maiores que o normal	Despejo clandestino de lixo doméstico ou industrial na rede	Natureza dos sólidos sedimentáveis	Localizar e atuar sobre as fontes, no sentido de corrigir o problema.
Odor ou insetos na barra	Intervalo longo entre limpezas	Intervalo de limpeza	Aumentar a freqüência de limpeza.
Aumento repentino da massa de sólidos grosseiros retidos	Descarga clandestina de resíduos sólidos	Existência de fontes clandestinas	Localizar e atuar sobre as fontes, no sentido de corrigir o problema.
Diminuição repentina da massa de sólidos grosseiros retidos	Falha de retenção na grade	Condição da grade	Consertar a grade.
Aumento repentino da massa de areia retida	Descarga de águas pluviais na rede	Vazão de esgoto	Desfazer ligação de águas pluviais.
Diminuição repentina da massa de areia retida	Arraste de areia na caixa	Velocidade da água (corante)	Reduzir a velocidade.
Odor de ovo podre na caixa de areia	Sedimentação de material orgânico	Velocidade da água (corante)	Aumentar a velocidade da água.
Areia retida é cinza, tem odor e contém graxa.	Sedimentação de material orgânico	Velocidade da água (corante)	Aumentar a velocidade da água.
Corrosão de metal e concreto nas unidades de pré-tratamento	Ventilação insuficiente	Ventilação	Melhorar a ventilação.

Fonte: Chernicharo, van Haandel e Cavalcanti (1999)

Discutimos os principais problemas que ocorrem na operação do tratamento preliminar de uma ETE, suas causas mais comuns e possíveis soluções. Como o sucesso do tratamento dos esgotos depende do funcionamento conjunto das unidades integrantes da ETE, vamos agora deslocar o foco para a unidade de tratamento biológico.

Impactos decorrentes do tratamento preliminar nas unidades subseqüentes da ETE

O bom funcionamento do tratamento biológico depende substancialmente da correta operação das unidades que compõem o tratamento preliminar e das características dos esgotos a serem tratados. Vamos, agora, analisar o efeito da operação do tratamento preliminar nas unidades de tratamento biológico e retomar a construção do roteiro de procedimentos de operação e manutenção! Para tanto, propomos a realização da atividade descrita a seguir.

Atividade em grupo...

Suponha agora que, surpreso com a redução repentina de gastos, com transporte e bota-fora dos subprodutos do tratamento preliminar, o supervisor da ETE que você opera questiona se a redução na quantidade de material retido causou impacto na unidade subseqüente e solicita a apresentação de um relatório avaliando a situação e respondendo às seguintes questões:

> Houve redução na quantidade de sólidos grosseiros retidos no tratamento preliminar? Houve redução na quantidade de areia retida no tratamento preliminar? Houve impacto no desempenho da unidade de tratamento biológico subseqüente? Quais as prováveis causas e possíveis soluções para os eventuais problemas observados?

Para cada grupo serão disponibilizadas duas planilhas eletrônicas, uma contendo os dados operacionais relativos ao período de um ano de monitoramento da estação, e uma planilha base para o tratamento dos dados brutos e geração de gráficos para análise dos resultados. Cada grupo será responsável por um dos seguintes sistemas: tratamento preliminar – reator UASB ou tratamento preliminar – tanque séptico.

Você e seus colegas devem discutir, com base nos dados do monitoramento do sistema, e atender às solicitações do gerente da estação. O grupo deve responder aos questionamentos utilizando a planilha de tratamento de dados operacionais, disponibilizada pelo instrutor, para construir gráficos. É preciso que cada grupo escolha um participante para escrever as respostas na cartela e um relator para apresentá-las para os demais colegas.

Vimos, nessa atividade, que o sucesso do tratamento biológico depende substancialmente do desempenho do tratamento preliminar. A entrada e a acumulação de sólidos indesejáveis nas unidades de tratamento biológico são altamente prejudiciais ao desempenho do tratamento, portanto, o bom funcionamento das unidades do tratamento preliminar é essencial para todos os sistemas de tratamento de esgotos.

Possíveis impactos da entrada indevida de sólidos nas unidades de tratamento biológico

Os sólidos que passam pelo tratamento preliminar, dependendo da sua natureza, podem prejudicar o funcionamento das unidades de tratamento biológico, diminuindo significativamente o volume de biomassa no sistema e a eficiência do processo de tratamento, pois tendem a se acumular nessas unidades, agregando-se junto ao **lodo** ou à camada de **escuma**. Você conhece esses subprodutos do tratamento de esgotos?

Reflita e se manifeste...

Quais são os subprodutos do tratamento de esgotos gerados na ETE em que você trabalha? Eles oferecem algum risco à saúde? O que você entende por lodo e por escuma?

Vamos conhecer um pouco mais sobre a constituição desses subprodutos sólidos do tratamento dos esgotos!

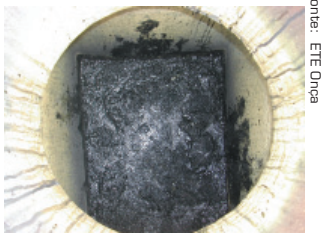
Lodo é um subproduto sólido do tratamento de esgotos e suas características são conferidas pelo tipo de sistema de tratamento utilizado e pelas características do esgoto.

Fonte: ETE Mangueira, PE

- O lodo é, usualmente, constituído por microrganismos (constituídos em sua maior parte pelos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos, mas também por agentes patogênicos), frações ainda não degradadas do substrato orgânico e material inerte.
- O excesso de material orgânico no lodo (SVT) pode levar à ocorrência de maus odores e à presença de insetos nos leitos de secagem. Nas estações simplificadas de tratamento de esgotos, a redução da fração orgânica do lodo é alcançada pela retenção da biomassa no reator por tempo suficiente para que seja digerida (ou estabilizada).

- O lodo excedente gerado nos reatores biológicos deve ser removido com freqüência adequada, pois tende a se acumular na unidade, podendo aflorar nas lagoas anaeróbias ou, eventualmente, sair com o efluente no tanque séptico e no reator UASB, piorando a sua qualidade e, conseqüentemente, o seu desempenho.
- Nos sistemas de tratamento simplificados, abordados na nossa oficina, são gerados: o lodo primário anaeróbio removido do tanque séptico, onde permanece por tempo suficiente para ser digerido (baixa relação STV/ST); o lodo biológico anaeróbio removido do reator UASB, do filtro anaeróbio e das lagoas, já estabilizado (baixa relação STV/ST); e o lodo biológico aeróbio não estabilizado (alta relação STV/ST), removido do filtro biológico percolador e retido no decantador secundário, de onde é recirculado, por bombeamento, para o reator UASB, para ser digerido.

Escuma é o material flutuante usualmente observado nas superfícies líquidas (interfaces ar–líquido) em alguns sistemas de tratamento, podendo ocorrer no desarenador, nas lagoas e, sobretudo, nos reatores anaeróbios.



Fonte: ETE Onça

Fonte: ETE Onça

- As características da escuma e a quantidade acumulada nas unidades de tratamento, principalmente no reator UASB, dependem essencialmente das características do esgoto efluente em termos da presença de sólidos suspensos e da quantidade de óleos e graxas. A escuma, de uma forma geral, pode conter gordura, óleos, ceras, sabões, restos de alimentos, cascas de frutas e vegetais, cabelo, papel e algodão, pontas de cigarros, materiais plásticos e materiais similares.
- Em reatores UASB, a formação de escuma pode ocorrer em dois locais distintos: no interior do separador trifásico, na interface de liberação dos gases formados durante a digestão anaeróbia; e na superfície do decantador, caso a saída do efluente seja afogada ou retentores de escuma sejam utilizados.

Você sabia?

Nos sistemas mais recentes de tratamento anaeróbio, sobretudo aqueles que utilizam reatores UASB, tem sido praticado o emprego de peneiras para a remoção de sólidos, com o objetivo de proporcionar melhores condições operacionais ao reator. A figura a seguir apresenta fotos de uma unidade de peneiramento, utilizada a montante de um reator UASB.

Fonte: ETE Onça, MG

Fonte: CePTS UFMG

O material retido na peneira é de difícil biodegradabilidade, constituído geralmente por cascas de legumes e frutas, cabelos, papel, plástico, sementes, partes de insetos, barbantes e pedaços de objetos não identificados.

Impactos ocasionados por excesso de sólidos grosseiros no efluente do tratamento preliminar

- O acúmulo de sólidos nas tubulações pode causar entupimentos e distribuição inadequada de vazão.

Você sabia?

Em sistemas que utilizam reatores UASB, a ocorrência de entupimentos nos tubos distribuidores de esgoto junto ao fundo da unidade pode ser detectada visualmente, na operação do sistema, pela diferença de nível da lâmina d'água nas caixas de distribuição de esgoto na entrada do reator.

Fonte: ETE Onça, MG

- Os sólidos grosseiros não biodegradáveis, ou de difícil degradação, que entram nos reatores biológicos tendem a se acumular no sistema, junto à biomassa, ou integrando a camada de escuma. Podem ocasionar:
  - No tanque séptico: o entupimento da tubulação de saída e o extravasamento do esgoto devido à presença excessiva de sólidos grosseiros flutuantes.
  - No reator UASB: o entupimento de tubos distribuidores de esgoto, proporcionando a distribuição desigual da vazão no fundo do reator e a conseqüente redução do volume útil da unidade; a obstrução do dispositivo de saída de gás do reator, em decorrência do acúmulo de escuma no interior do separador trifásico, o que pode ocasionar a saída do gás pelo decantador, dificultando a sedimentação e a retenção dos sólidos no reator.
  - Na lagoa anaeróbia: aspectos visuais indesejáveis e a proliferação de mosquitos proporcionados pela presença excessiva de sólidos grosseiros flutuantes.

Impactos decorrentes da entrada excessiva de areia no sistema

- A presença de areia no esgoto a jusante do tratamento preliminar pode causar abrasão nas tubulações e equipamentos responsáveis pelo transporte dos esgotos e alimentação das unidades subseqüentes.
- A areia nos reatores biológicos que recebem o esgoto do tratamento preliminar tende a se acumular no fundo da unidade, junto à biomassa, aumentando a fração inerte do lodo. Pode ocasionar:
    - No tanque séptico: a redução do volume útil do reator e, conseqüentemente, a redução da eficiência do sistema.
    - No reator UASB: a redução da atividade metanogênica específica (AME) do lodo, a redução do volume útil do reator pelo acúmulo de areia, o que pode levar à sobrecarga hidráulica e geração de maus odores, além da redução na eficiência do sistema.
    - Na lagoa anaeróbia: a ocorrência de problemas localizados em decorrência da sedimentação de areia próximo à entrada do esgoto na lagoa, o que pode levar ao afloramento de lodo na superfície e à liberação de maus odores.

A interpretação conjunta dos dados operacionais de monitoramento da estação é que permite ao operador detectar e analisar todos esses problemas possíveis de ocorrer no tratamento biológico, decorrentes do mau funcionamento do tratamento preliminar. Você sabe por que e como é feito o monitoramento das unidades de tratamento biológico?

Monitoramento das unidades de tratamento biológico

Para começar a nossa discussão sobre o monitoramento das unidades do tratamento biológico, propomos o debate a seguir.

Reflita e se manifeste...

Nas estações de tratamento de esgotos, o monitoramento dos reatores biológicos permite a análise conjunta de diferentes aspectos de interesse que estão intimamente relacionados. Você sabe quais são esses aspectos?

Vamos aprofundar um pouco mais esse assunto? Para isso, propomos a realização da atividade descrita a seguir! Esperamos que a realização dessa atividade permita a você e a seus colegas a construção de um quadro-síntese, constituído pelos principais parâmetros, pontos e freqüência de determinação.

Utilize as informações do seu grupo e dos demais colegas para enriquecer o seu roteiro de procedimentos de operação e manutenção!

Atividade em grupo...

Cada grupo deverá escolher um dos sistemas simplificados de tratamento de esgotos abordados nesta oficina e deverá responder às questões acima, preenchendo a tabela correspondente ao sistema escolhido.

> Na ETE que você opera, é realizado o monitoramento do tratamento biológico? Quais são os parâmetros utilizados no monitoramento? Quais são os pontos de monitoramento e qual a freqüência em que são determinados?

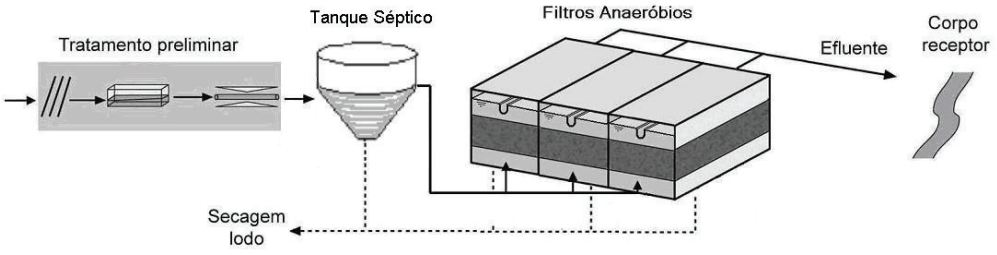
O grupo deverá apresentar o seu programa de monitoramento aos demais participantes.

Utilize as planilhas a seguir para anotar informações do seu grupo que você julgar importantes! Durante a apresentação dos outros grupos, procure preencher todas as planilhas.

Lagoas de estabilização seguidas por lagoas de maturação

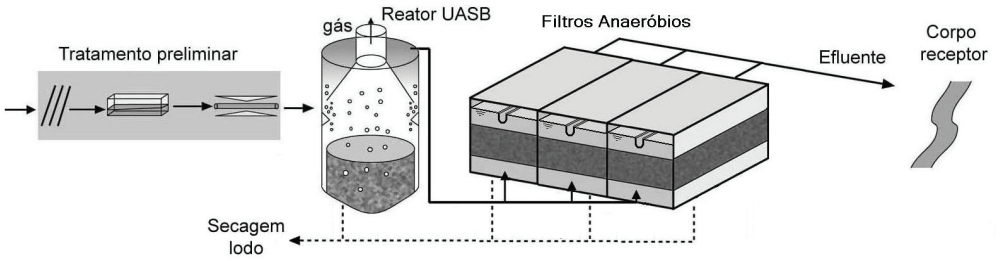
Parâmetro	Unidade	Pontos e freqüência de monitoramento				

Tanque séptico seguido por filtro anaeróbio



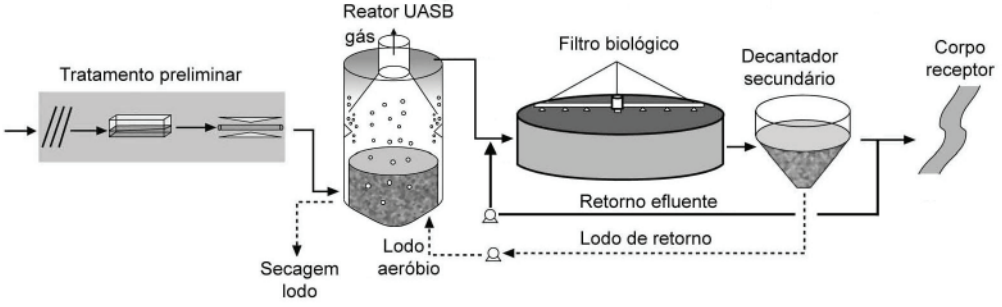
Parâmetro	Unidade	Pontos e freqüência de monitoramento				

Reator UASB seguido por filtro anaeróbio



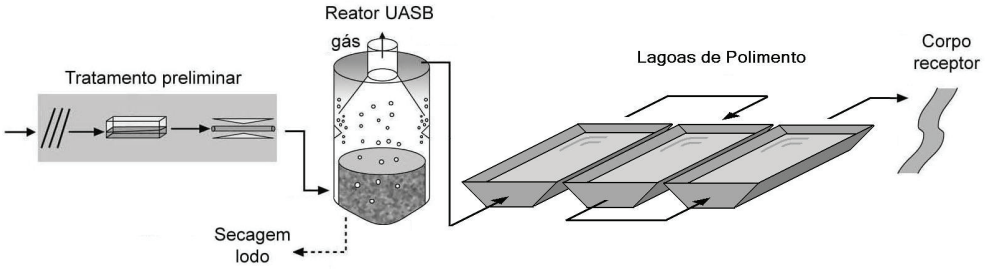
Freqüência	Parâmetro	Unidade	Pontos e freqüência de monitoramento				

Reator UASB seguido por filtro biológico percolador



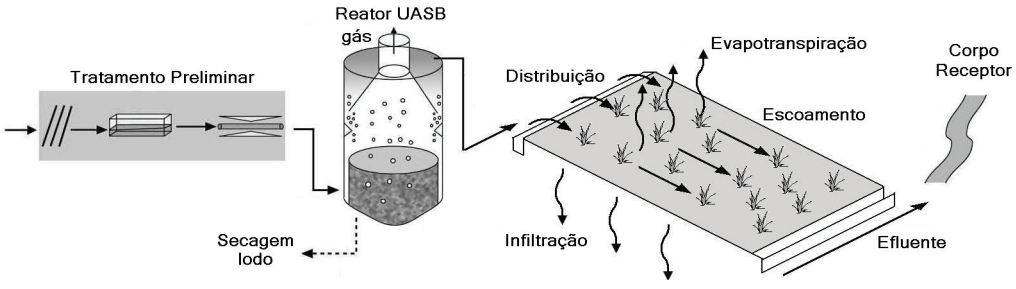
Parâmetro	Unidade	Pontos e freqüência de monitoramento				

Reator UASB seguido por lagoas de polimento



Parâmetro	Unidade	Pontos e freqüência de monitoramento				

Reator anaeróbio de manta de lodo seguido por aplicação no solo



Parâmetro	Unidade	Pontos e freqüência de monitoramento				

É importante ressaltar que os parâmetros e a freqüência de monitoramento podem ser distintos, em decorrência de especificidades locais e de exigências impostas pelos órgãos de controle ambiental.

Você se lembra do cálculo da eficiência de remoção de poluentes que nós fizemos? Agora que discutimos os parâmetros, os pontos e as freqüências de monitoramento das unidades de tratamento biológico, você deve notar que os dados do monitoramento permitem avaliar a eficiência das unidades de tratamento biológico com uma freqüência de interesse. Mas, além da eficiência dos reatores, quais outros aspectos podem ser avaliados a partir desses dados? Vamos aprofundar um pouco mais esse assunto!

Aspectos relacionados ao monitoramento dos reatores anaeróbios

O monitoramento dos reatores anaeróbios pode ser dividido em três tipos: monitoramento da eficiência, monitoramento da estabilidade e monitoramento da quantidade e qualidade do lodo.

Monitoramento da eficiência: permite estabelecer o comportamento histórico da unidade e avaliar se o seu desempenho está de acordo com as especificações do projeto. O monitoramento da eficiência do reator é realizado a partir da determinação das concentrações no afluente e no efluente do reator biológico dos seguintes constituintes:

- Sólidos em suspensão: SST e SSV e, adicionalmente, o teste de sólidos sedimentáveis.
- Material orgânico: teste da DQO e, eventualmente, da DBO (a produção de biogás em reatores anaeróbios, ou melhor, de metano também é um parâmetro útil).
- Organismos patogênicos: coliformes termotolerantes e ovos de helmintos.

Monitoramento da estabilidade do reator anaeróbio: permite avaliar se há sinais da possibilidade de **azedamento** do digestor. Nesse sentido, tornam-se importantes para o monitoramento os seguintes aspectos:

- Determinar o pH, a alcalinidade e a concentração de ácidos orgânicos no efluente e comparar esses valores com os do afluente.
- Monitorar se há a variação abrupta da composição do biogás e, notadamente, do aumento da porcentagem de dióxido de carbono, por ser uma indicação de instabilidade operacional.

Você sabia?

O tratamento de esgotos em reatores anaeróbios é realizado por diferentes grupos de microrganismos, constituindo um verdadeiro consórcio microbiano que atua de forma seqüencial na conversão da matéria orgânica presente nos esgotos.

A manutenção de condições operacionais adequadas é de extrema importância para proporcionar o equilíbrio entre esses microrganismos e, com isso, permitir a ocorrência harmônica de todas as etapas envolvidas no processo.

Caso contrário, o acúmulo de subprodutos intermediários pode levar ao consumo de alcalinidade e, conseqüentemente, à queda brusca do pH no reator, levando ao colapso do sistema. Quando isso ocorre, dizemos que houve o **azedamento** do digestor.

Monitoramento da quantidade e qualidade do lodo: permite avaliar a necessidade de descarte de lodo e a carga orgânica que pode ser aplicada ao reator. Em relação ao monitoramento do lodo, tornam-se importantes os seguintes aspectos:

- *Quantificação da massa de lodo:* como a concentração de lodo não é usualmente uniforme, torna-se necessária a coleta de amostras de lodo em vários pontos distribuídos ao longo da altura do reator (inserir figura 40 ao lado desse texto). Nessas amostras, deve-se determinar tanto a concentração de sólidos totais (ST) como a de sólidos totais voláteis (STV).
- *Atividade metanogênica específica (AME):* a AME reflete a capacidade do lodo de produzir metano, a partir de um substrato orgânico (usualmente acetato), sob condições otimizadas. Conhecendo-se a AME e a massa de lodo no reator biológico, é possível fazer uma estimativa da carga orgânica máxima que pode ser digerida no reator. Essa carga é igual ao produto do valor da AME pela massa de lodo.
- *Estabilidade:* visa estabelecer a fração da massa de lodo que se compõe de material orgânico biodegradável, ainda não digerido. Uma fração elevada de material biodegradável no lodo não somente indica um sistema sobrecarregado, como também pode causar grandes problemas na separação sólido-líquido do lodo de descarte.

Vimos que diferentes aspectos podem ser avaliados a partir dos dados do monitoramento das unidades de tratamento biológico. Vamos, agora, discutir a operação dessas unidades, analisando,

inclusive, os impactos que podem ser ocasionados por elas nas unidades de pós-tratamento. Você deve notar que esses impactos estão diretamente relacionados com o gerenciamento de subprodutos do tratamento dos esgotos, que são o lodo, a escuma e o biogás.

Vamos iniciar a nossa discussão refletindo sobre as atividades operacionais relacionadas ao lodo.

Práticas operacionais: o descarte de lodo

No seu cotidiano de trabalho, você presencia a atividade de descarte de lodo? Você sabia que muitos dos problemas operacionais observados na maior parte dos sistemas simplificados de tratamento de esgotos estão relacionados a essas atividades? Para começar a nossa discussão sobre esse assunto, propomos a realização da seguinte atividade, que tem como objetivo resgatar, discutir e socializar as informações e experiências profissionais vivenciadas por você e por seus colegas sobre o descarte de lodo.

Reflita e se manifeste...

Quais os possíveis impactos sobre o desempenho da unidade de pós-tratamento caso não seja realizado o descarte de lodo? Como é realizado o descarte de lodo na ETE que você trabalha? Quais são as dificuldades encontradas na realização dessas atividades?

Nos reatores anaeróbios, a acumulação de sólidos deve-se, principalmente, ao crescimento da biomassa, mas decorre também da retenção de sólidos inertes. A presença excessiva de material inerte, caracterizada pela baixa relação SSV/ST, prejudica o desempenho do reator, uma vez que ocupa boa parte do volume destinado à biomassa. Quando predomina a acumulação de sólidos inertes, esta pode ser reduzida através do pré-tratamento do esgoto.

Apresentamos, a seguir, algumas informações importantes que se relacionam ao descarte de lodo das unidades de tratamento biológico: tanque séptico, reator UASB, lagoa anaeróbia e filtro anaeróbio. Busque identificar aquelas informações que complementam as questões debatidas pela turma!

A presença de lodo em excesso reduz o volume útil e, conseqüentemente, o tempo de detenção hidráulica, prejudicando o desempenho dos reatores biológicos. Além disso, o lodo em excesso nos reatores facilita a sua saída junto ao efluente e pode causar prejuízos ao desempenho da unidade de pós-tratamento, sobretudo no filtro anaeróbio e no filtro biológico percolador, reduzindo a eficiência global do sistema. Dessa forma, a remoção do lodo excedente deve ser feita periodicamente!

Tanque séptico

A remoção periódica de lodo é de fundamental importância para o bom desempenho do tanque séptico, constituindo a principal atividade relacionada à sua operação e manutenção. A freqüência de remoção deve ser realizada de acordo com as especificações de projeto e pode ser corrigida caso os dados do monitoramento indiquem a necessidade de modificação em função da qualidade necessária do efluente.

Reator UASB

O descarte periódico do lodo excedente evita o seu acúmulo no interior do reator e uma maior perda de sólidos juntamente com o efluente líquido, resguardando a sua qualidade. Portanto, a adoção de uma freqüência de descarte adequada reflete diretamente em uma menor perda de sólidos no efluente final e em uma melhor qualidade do efluente, em termos de sólidos suspensos e de DQO e DBO. O descarte de lodo deve ser feito, preferencialmente, do fundo e à meia altura do compartimento de digestão. Dessa forma, podem ser alcançados os seguintes benefícios:

- O descarte à meia altura possibilita a retirada do lodo mais disperso, usualmente de menor atividade e sedimentabilidade.
- Para compensar os maiores volumes de descarte desse lodo menos denso, pode-se fazer o descarte de uma parcela menor do lodo de fundo do reator, mais concentrado.
- Adicionalmente, e dependendo da qualidade do tratamento preliminar, o lodo de fundo pode acumular sólidos inertes – como a areia – que devem ser descartados periodicamente do reator.

A freqüência de descarga, no caso de processos de desidratação em leitos de secagem, é de duas a três semanas, variando de acordo com a capacidade de armazenamento de lodo do reator e com o tempo médio de secagem. A otimização do descarte e da desidratação do lodo implica diretamente na redução do volume de lodo seco a ser transportado até o local de disposição final.

Lagoa anaeróbia

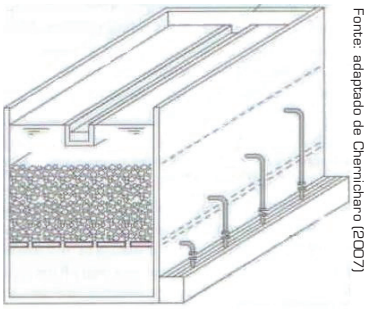
A remoção de lodo é uma tarefa necessária e de proporções significativas na operação dessa unidade, portanto, deve ser planejada, com o objetivo de reduzir custos e impactos relacionados com a remoção e disposição do lodo. A operação de remoção do lodo pode ser mecanizada ou manual, realizada com desativação da unidade ou ainda com a manutenção da lagoa em funcionamento. Contudo, não existe uma solução de engenharia com aceitação generalizada para essa finalidade.

Filtro anaeróbio

A entrada excessiva de sólidos para o compartimento preenchido com meio suporte poderá resultar na colmatação (entupimento) do material de enchimento. Portanto, a adoção de uma freqüência adequada de descarte de lodo é fundamental para minimizar os problemas de entupimento do meio suporte e para garantir a boa qualidade do efluente final.

Nos sistemas simplificados que utilizam filtros anaeróbios, uma atenção especial deve ser desprendida no monitoramento da quantidade de lodo presente no reator UASB bem como no tanque séptico, uma vez que a saída de lodo junto ao efluente dessas unidades pode levar ao entupimento do filtro anaeróbio, comprometendo o pós-tratamento.

No caso de filtros ascendentes com fundo falso, tem sido comum a utilização de pelo menos dois pontos de amostragem de lodo, um junto ao fundo e outro imediatamente acima da laje do fundo falso, a fim de permitir o monitoramento da concentração e altura do lodo. Adicionalmente, outros pontos de amostragem são desejáveis para auxiliar o planejamento dos descartes de lodo excedente antes que esse possa influenciar negativamente o eventual entupimento do meio suporte. A figura a seguir ilustra esses pontos.



Fonte: adaptado de Chernicharo (2007)

Dispositivos de amostragem de lodo

Agora que discutimos o descarte de lodo dos reatores biológicos, vamos consolidar essas informações? Para tanto, propomos a realização da atividade descrita a seguir.

Aproveite e utilize as informações para compor o seu roteiro de atividades de manutenção e operação!

Atividade em grupo

Suponha, agora, que o supervisor da estação de tratamento que você opera lhe solicitou a construção de uma listagem das atividades de operação e manutenção das unidades de tratamento biológico da ETE, procurando responder às seguintes questões:

> Qual o protocolo operacional utilizado para o descarte de lodo? Quais equipamentos e ferramentas são utilizados? Quais os cuidados necessários para que as atividades sejam executadas com segurança?

Cada grupo (os mesmos da atividade em grupo anterior) deve elaborar, para o sistema simplificado de tratamento de esgotos escolhido, um protocolo respondendo às questões. O grupo deve apresentar o protocolo operacional de descarte de lodo para os demais colegas.

Apresentamos, a seguir, exemplos de protocolos operacionais de descarte de lodo das seguintes unidades: tanque séptico e reator UASB. Busque identificar aquelas informações que não foram utilizadas na atividade para complementar o roteiro apresentado pelo seu grupo!

Protocolo operacional de descarte de lodo

Protocolo operacional de remoção de lodo do tanque séptico

- Antes de qualquer providência, as tampas de inspeção devem ser removidas e mantidas abertas por tempo suficiente para a remoção de gases tóxicos ou explosivos.
- Em tanques sépticos dotados de dispositivos de descarga de lodo por pressão hidrostática, realizar o esgotamento do lodo por meio da manobra dos registros de descarga. A parte líquida mais clarificada pode permanecer no reator.

- Quando não há dispositivos de descarga do lodo, esgotar o lodo mecanicamente (bombeamento, sucção ou sinfonamento), atingindo o fundo do reator em vários pontos e, considerando uma área de abrangência em torno de 1,5 m^2 por ponto, cobrindo toda a superfície do fundo.
- Não raspar ou lavar o reator na operação de retirada do lodo. O lodo remanescente aderido às paredes ou presente em pequenas quantidades junto ao fundo do tanque acelera o desenvolvimento da nova população microbiana.
- Após a operação, proceder à limpeza do local, anotar a data para a próxima operação e o volume a ser esgotado.

Protocolo operacional de descarte de lodo do reator UASB

- A operação de descarte se dá a partir da abertura de registros que são previstos na lateral do reator, o que possibilita o escoamento do lodo até o leito de secagem.
- A abertura individualizada de cada registro (um por vez) correspondente a cada ponto de descarte de lodo é imperativa, pois, caso contrário, o descarte de lodo não será uniforme no interior do reator.
- Uma vez definidos os volumes de lodo a descartar de cada ponto (superior e inferior), conforme cálculos e simulações que devem ser efetuados com antecedência, a medição pode ser feita automaticamente, por meio de medidores de vazão, ou avaliando-se a altura da lâmina de lodo e o volume correspondente no leito de secagem.

Monitoramento dos leitos de secagem de lodo

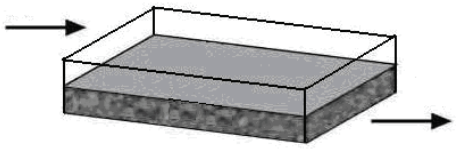
Como o destino do lodo de excesso retirado dos reatores anaeróbios nos sistemas simplificados abordados na nossa oficina é o leito de secagem, vamos discutir um pouco o monitoramento desta unidade? Para isso, propomos o debate a seguir.

Não deixe de utilizar essas informações para enriquecer o seu roteiro de procedimentos de operação e manutenção!

Reflita e se manifeste...

Na ETE que você opera, é realizado o monitoramento dos leitos de secagem? Quais são os parâmetros utilizados no monitoramento? Quais são os pontos de monitoramento e qual a freqüência em que são determinados?

Leito de secagem



Parâmetro	Unidade	Pontos e freqüência de monitoramento				

No monitoramento de leitos de secagem, os parâmetros mais importantes são:

- A carga de sólidos aplicada ao leito.
- O tempo de percolação.
- A composição e a qualidade final do lodo seco.

As condições operacionais do leito de secagem têm implicações diretas na redução do volume de lodo seco e também na qualidade do efluente dos reatores anaeróbios (reator UASB, filtro anaeróbio e tanque séptico).

O monitoramento contínuo dos sólidos nos leitos de secagem é de fundamental importância para se definir a melhor rotina de descarte e de desidratação do lodo, contribuindo para:

- A redução dos ciclos de secagem e disponibilização do leito para uma nova batelada de descarte de lodo.
- A obtenção de um lodo mais seco e conseqüente redução do volume de lodo e dos custos de transporte até o local de disposição final.
- A redução da perda de sólidos juntamente com o efluente do reator, e conseqüente melhoria da qualidade do efluente final.

O monitoramento das unidades do tratamento biológico, assim como no tratamento preliminar, permite avaliar não só o desempenho delas, mas também prever eventuais impactos que poderiam ser ocasionados por elas nas unidades de pós-tratamento, podendo indicar a necessidade ou não da realização de determinadas atividades operacionais, por exemplo, o descarte de lodo excedente.

Vamos praticar alguns conhecimentos relativos à operação dos leitos de secagem de lodo! Para isso, propomos a realização da atividade descrita a seguir.

Atividade individual

Ligue os elementos das três colunas a seguir, relacionando o problema a suas prováveis causas e possíveis soluções.

Problema	Prováveis causas	Possíveis soluções
geração de mau odor, quando se aplica o lodo no leito	acumulação de sólidos e areia	diminuir carga de sólidos
tubulação de descarga de lodo de excesso entupida	instabilidade do lodo (alta relação STV/ST)	limpar as tubulações após uso
tubulação de descarga de lodo de excesso entupida	retirada de lodo de uma altura muito elevada no reator	retirar o lodo de uma altura menor (próximo ao fundo do reator)
tempo excessivo para evaporação	carga aplicada excessiva	ajustar carga orgânica
reprodução de mosquitos nos leitos	camada de água semipermanente	melhorar permeabilidade
tempo excessivo para percolação	intensidade pluviométrica elevada	aprimorar manutenção
	baixa temperaturas, umidade do ar elevada	substituir areia
	limpeza do leito inadequada	cobrir leito
	areia “cega”	aplicar lavagem ascensional
	sistema de drenagem entupido	Aplicar água em sentido ascensional, saturando leito antes de descarregar lodo

Vimos que, entre as atividades de operação e manutenção de reatores biológicos, a retirada de lodo excedente dos reatores é de extrema importância para o sucesso do tratamento. E a escuma? Ela deve ou não ser removida dos reatores?

Práticas operacionais: a remoção de escuma

Vamos iniciar a nossa discussão sobre a remoção de escuma dos reatores, debatendo as questões apresentadas a seguir.

Reflita e se manifeste...

Quais os possíveis impactos sobre o desempenho da ETE caso não seja realizada a retirada de escuma? Como é realizado o descarte de escuma na ETE em que você trabalha? Quais são as dificuldades encontradas na realização dessas atividades?

A seguir apresentamos alguns pontos importantes relacionados à remoção de escuma das unidades de tratamento biológico da ETE. Procure identificar o que complementa os assuntos abordados no debate anterior.

Tanque séptico

A remoção periódica de escuma é de fundamental importância para o bom desempenho do tanque séptico. A freqüência de remoção deve obedecer às especificações de projeto. A escuma acumulada em grandes quantidades pode passar sob o defletor de saída, provocando prejuízos adicionais, como o entupimento de tubulações, além de favorecer o entupimento dos filtros anaeróbios, prejudicando o desempenho do sistema.

Reator UASB

A remoção periódica de escuma dos separadores trifásicos é fundamental para o bom desempenho do reator UASB. O acúmulo excessivo de escuma pode impedir o desprendimento de gás, que pode vir a sair pelo decantador, comprometendo com isso a retenção de sólidos no reator e, conseqüentemente, o desempenho do sistema. Como a taxa de acumulação de escuma depende das

Fonte: ETE Onça, MG

características do esgoto bruto e do reator, é recomendável que a escuma seja retirada inicialmente com freqüência quinzenal e, dependendo das suas características, a freqüência poderá ser reduzida ou ampliada, pois somente a prática operacional do reator possibilitará estabelecer a melhor rotina de descarte de escuma.

A identificação da necessidade de remoção de escuma é normalmente feita a partir da abertura de escotilhas inspecionáveis acima da laje dos reatores. A operação de abertura dessas escotilhas deve ser feita com cuidado, uma vez que envolve riscos ao se acessar um compartimento contendo o biogás, ou seja, durante a abertura da escotilha, devem ser tomados todos os cuidados necessários, a exemplo de:

- Fechamento da válvula de gás correspondente ao separador trifásico que se queira inspecionar, isolando-o dos demais separadores.
- Não fumar nem portar objetos que possam produzir fogo ou faísca durante a realização da atividade

Lagoa anaeróbia

A presença de escuma nas lagoas anaeróbias é totalmente normal, ela ajuda a manter a ausência de oxigênio e dificulta o desprendimento de maus odores e, portanto, não deve ser removida.

Agora que discutimos a remoção de escuma nas unidades de tratamento biológico, vamos consolidar essas informações? Com esse objetivo, propomos a realização da atividade a seguir.

Não deixe de utilizar as informações que você achar importantes para compor o seu roteiro de procedimentos de operação e manutenção!

Atividade em grupo

Suponha, agora, que o supervisor da estação de tratamento que você opera solicitou-lhe a construção de uma listagem das atividades de operação e manutenção das unidades de tratamento biológico da ETE. A listagem deve responder às seguintes questões:

Qual o protocolo operacional utilizado para a remoção de escuma? Quais equipamentos e ferramentas são utilizados?

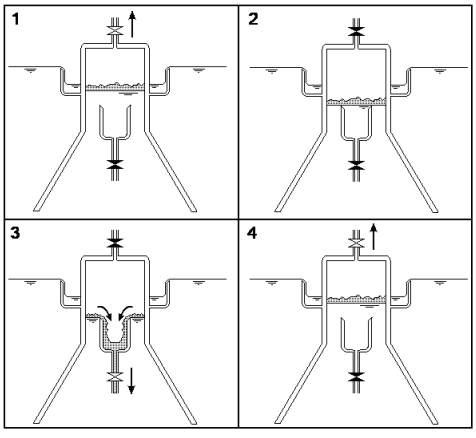
Quais os cuidados necessários para que as atividades sejam executadas com segurança?

Cada grupo deve escolher um dos sistemas simplificados de tratamento de esgotos abordados na nossa oficina para elaborar um protocolo respondendo às questões. O grupo deve apresentar o protocolo operacional de remoção de escuma para os demais colegas.

O desenvolvimento de mecanismos e métodos adequados que permitam uma eficiente remoção de escuma do interior dos separadores trifásicos dos reatores UASB é ainda necessário. Em decorrência disso, alguns reatores mais modernos têm sido equipados com uma calha no interior do separador objetivando permitir a remoção da escuma (caso esta se apresente suficientemente fluida), tanto pelo aumento quanto pela redução da pressão do biogás. Apresentamos, a seguir, um exemplo de protocolo operacional de remoção de escuma desses reatores.

Protocolo operacional de remoção de escuma do separador trifásico de reatores UASB

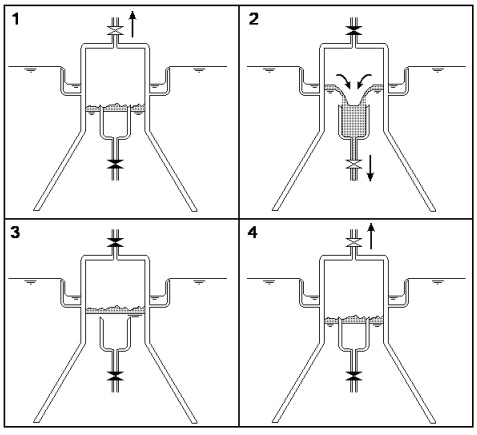
Representação esquemática de dispositivo para remoção hidrostática de escuma, pelo aumento da pressão de biogás



1. Níveis de água (NA) e de escuma durante a operação normal do reator (linha de gás pressurizada, de modo a manter o nível de escuma cerca de 10 a 15 cm abaixo do NA no decantador, mas acima da borda superior da canaleta interna).
2. Abaixamento do nível de escuma, conseguido com o aumento da pressão na linha de gás, de forma a possibilitar a entrada de escuma na canaleta interna.
3. Abertura do registro de esgotamento da canaleta interna, possibilitando a saída da escuma.
4. Alívio da pressão da linha de gás, retornando à condição operacional mostrada em "1".

Fonte: adaptado de Chernicharo (2007)

Representação esquemática de dispositivo para remoção hidrostática de escuma, pela redução da pressão de biogás



1. Níveis de NA e de escuma durante a operação normal do reator (linha de gás pressurizada, de modo a manter o nível de escuma cerca de 5 cm abaixo da borda superior da canaleta interna).

2. Elevação do nível de escuma, conseguido com o alívio da pressão da linha de gás, de forma a possibilitar a entrada de escuma na canaleta interna.

3. Fechamento do registro de esgotamento da canaleta interna.

4. Aumento da pressão da linha de gás, retornando à condição operacional mostrada em "1".

Fonte: adaptado de Chernicharo (2007)

- Escuma mais solidificada pode ser removida através das escotilhas de fechamento hermético do separador trifásico.
- O procedimento de retirada da escuma poderá ser manual, com o auxílio de "escumadeira" ou por meio de um mangote de sucção, acoplado a caminhão limpa-fossa.
- A opção de remoção manual só será possível caso as quantidades acumuladas sejam relativamente pequenas e passíveis de serem assimiladas dentro da rotina e do quadro operacional da ETE.
- Dependendo da consistência e do grau de estabilização da escuma, está poderá ser transportada/bombeada para o leito de secagem.
- Escuma mais solidificada poderá ser disposta diretamente em aterro sanitário.

Vimos diversos aspectos relacionados à operação e manutenção dos reatores biológicos. Como você pôde perceber boa parte das atividades abordadas está relacionada ao gerenciamento dos subprodutos do tratamento gerados na estação. Para completar esse assunto, falta tratarmos de um outro subproduto do tratamento, o biogás.

Coleta e queima de gás

Para iniciar este assunto, propomos a realização do seguinte debate.

Reflita e se manifeste...

Na estação de tratamento de esgotos em que você trabalha ocorre a geração de biogás? A produção de gás deve ser medida? O gás gerado é submetido a alguma forma de tratamento ou aproveitamento? Existem riscos associados ao biogás? Quais são eles? Como podem ser evitados?

Apresentamos, a seguir, algumas informações sobre a coleta e queima do biogás gerado em estações simplificadas de tratamento de esgotos. Busque identificar aquelas que complementam os pontos levantados durante o debate.

O gás gerado no tratamento anaeróbio do esgoto é usualmente encaminhado aos coletores de gases, localizados na parte superior do reator e daí até o queimador de biogás. Mas por que o biogás é usualmente queimado? Você já ouviu falar sobre gases estufa? E sobre o aquecimento global?

Para saber mais...

O biogás é composto, em sua maior parte, por metano (CH_4). O gás metano é inflamável e altamente energético; por esse motivo, o biogás gerado na estação pode ser aproveitado como fonte de energia. Além disso, o metano é um gás estufa. Gases estufa são gases que proporcionam o efeito estufa, responsável em parte pela manutenção da temperatura no planeta e também pelo aumento atualmente observado na sua temperatura média, no fenômeno conhecido como aquecimento global. O metano causa impactos bem maiores que o gás carbônico (CO_2), subproduto da sua combustão, portanto, o biogás deve ser, no mínimo, queimado antes de ser lançado na atmosfera.

Por ser inflamável, o biogás requer cuidados de segurança no entorno da área do reator, não se permitindo fumar ou desenvolver qualquer atividade que empregue chama (solda, aquecimento de refeição etc.). No acesso ao reator deverá estar afixada uma placa alertando sobre o perigo do biogás.

A medição da quantidade de gás gerado no tratamento anaeróbio é importante, pois essa informação pode ser utilizada, junto aos demais dados do monitoramento da ETE, como um

indicativo da atividade microbiológica do lodo, além de permitir avaliar o funcionamento do separador trifásico.

Apresentamos, a seguir, um exemplo de protocolo operacional de atividades relacionadas à coleta e queima do gás.

Fonte: ETE Onça, MG

- Vistoriar a linha de coleta de biogás, corrigindo possíveis vazamentos.
- Vistoriar o funcionamento do medidor de biogás.
- Verificar NA no tanque de pressão, que define o NA dentro dos reatores UASB.
- Verificar o funcionamento dos manômetros e válvula corta-chama.
- Abrir o registro de purga para retirada de água da linha de biogás.
- Efetuar medidas diárias de vazões do biogás.

Discutimos os parâmetros, os pontos e a freqüência de monitoramento das unidades de tratamento biológico. Discutimos, também, as principais atividades que integram a rotina operacional da estação. Além disso, analisamos diversos impactos no desempenho da ETE que podem ser ocasionados pelo mau funcionamento das suas unidades. Por fim, consolidamos essas informações na forma de roteiros de atividades de manutenção e operação. Mas como essas informações podem ser utilizadas para orientar a manutenção corretiva das unidades do tratamento biológico?

Vamos, agora, refletir sobre os principais problemas operacionais vivenciados por você e por seus colegas na operação de sistemas simplificados de tratamento de esgotos. É importante que você busque perceber como os dados operacionais e do monitoramento da ETE podem ser úteis para identificar a ocorrência e as possíveis correções desses problemas.

Principais problemas operacionais nas unidades de tratamento biológico

Na estação em que você trabalha, quais são os problemas operacionais que ocorrem com maior freqüência? Você sabe por que eles ocorrem? Como são detectados e corrigidos? Vamos iniciar a nossa discussão sobre esse assunto, realizando a atividade proposta a seguir.

> Utilize as informações que você julgar importantes em seu roteiro de procedimentos de operação e manutenção!

Atividade em grupo...

Cada grupo deverá listar os principais problemas, vivenciados ou não pelos membros do grupo, que podem ser observados na operação das unidades de tratamento biológico da ETE, relacionando-os com as suas prováveis causas e possíveis soluções, que devem ser apresentados para a turma. Para tanto, o grupo deve escolher um relator para apresentar os pontos levantados pelo grupo para os demais colegas.

Apresentamos, a seguir, um conjunto de informações que podem auxiliar na detecção e correção de problemas operacionais mais freqüentes em algumas das unidades de tratamento biológico dos sistemas simplificados de tratamento de esgotos abordados na nossa oficina de capacitação. Busque identificar aquelas informações que, eventualmente, não foram utilizadas pelo grupo na atividade anterior e que podem complementar a listagem que vocês construíram.

Problemas operacionais e possíveis soluções: reator UASB

Observação	Causa provável	Solução
Distribuição desigual do afluente	Estrutura de distribuição desnivelada	Nivelar a estrutura de distribuição
Ponto de distribuição não recebe esgoto	Entupimento	Desbloquear
Coleta do efluente não uniforme	Estrutura de coleta desnivelada	Nivelar a estrutura de distribuição
	Camada superficial obstrui ponto de coleta	Remover obstrução
Teor elevado de sólidos sedimentáveis no efluente	Carga hidráulica excessiva	Diminuir vazão
	Excesso de sólidos no reator	Promover a descarga de lodo de excesso
Produção de gás menor que normal	Vazamento do biogás	Eliminar vazamento
	Defeito do gasômetro	Consertar ou substituir
	Diminuição da vazão	Desentupir rede de esgoto
	Material tóxico no afluente	Identificar e atuar sobre eventuais fontes de materiais tóxicos
	Carga orgânica excessiva	Diminuir carga orgânica
Produção de lodo maior que o normal	Sobrecarga do lodo	Diminuir carga aplicada
	Sólidos grosseiros e/ou inorgânicos entrando no reator	Restabelecer funcionamento das unidades de pré-tratamento
Produção de lodo menor que normal	Vazão pequena	Desentupir rede de esgoto
	Retenção de lodo deficiente	Consertar separador
Alta fração de sólidos inorgânicos	Falha da caixa de areia	Diminuir velocidade
	Baixa velocidade ascensional no reator	Aumentar velocidade
Lodo flutuante cresce rapidamente	Carga hidráulica excessiva	Diminuir carga
Eficiência da remoção do material orgânico reduzida	Carga hidráulica excessiva	Diminuir carga
	Descarga do afluente deficiente	Consertar falhas

Fonte: Chernicharo, van Haandel e Cavalcanti (1999)

Problemas operacionais e possíveis soluções: lodo do reator UASB

Observação	Causa provável	Solução
AME menor que a esperada	Entrada de sólidos inertes	Reduzir fonte ou rever o pré-tratamento
	Sobrecarga	Reduzir carga
	Toxicidade	Procurar fonte de material tóxico
Estabilidade ruim	Sobrecarga do lodo	Reduzir carga específica
Índice volumétrico elevado	Material orgânico biodegradável	Reduzir carga orgânica
	Baixa carga hidráulica	Aumentar arraste temporariamente
Sedimentabilidade ruim	Flocos dispersos devido à carga orgânica excessiva	Reduzir carga
	Presença de material tóxico	Identificar e atuar sobre eventuais fontes de materiais tóxicos
Aumento da produção específica de lodo	Floculação sem metabolismo	Reduzir carga orgânica específica
Aumento da fração inorgânica	Entrada de silte e areia	Reduzir arraste na caixa
	Velocidade ascensional baixa	Aumentar carga hidráulica

Fonte: Chernicharo, van Haandel e Cavalcanti (1999)

Problemas operacionais e possíveis soluções: filtros biológicos percoladores

Problema	Causa	Soluções
Formação de poças na superfície do meio suporte	Material do meio suporte é de dimensões pequenas ou de formas irregulares	Remover a camada biológica do meio suporte na área afetada
		Aplicar jatos de água (com alta pressão) na região empoçada
		Paralisar o distribuidor rotativo em cima da área afetada
		Clorar o afluente ao filtro biológico durante algumas horas
		Retirar a unidade afetada de operação durante o período de um (1) dia ou mais, o suficiente para ressecar a camada biológica
		Substituir o meio filtrante por outro meio mais adequado, caso esta solução seja economicamente justificável
	Excesso de lodo no reator UASB e entrada excessiva de sólidos no filtro biológico	Realizar o descarte de lodo e de escuma do reator UASB
		Remover a camada biológica do meio suporte na área afetada
Proliferação em demasia de moscas	A presença de moscas está intimamente ligada à operação de filtros biológicos.	Aplicação de carga hidráulica continua
		Remover a camada biológica do meio filtrante
		Inundar o meio suporte durante, no mínimo, 24horas
		Por meio de jatos de água, lavar rigorosamente as paredes internas do filtro.
		Aplicar inseticida

Fonte: Adaptado de "Sistemas de esgotos sanitários – Estação de Tratamento – Manual de processos SAAE-Itabira/OeM Engenharia" (2006).

Problemas operacionais e possíveis soluções: tanque séptico/filtro anaeróbio

Observação	Causa provável	Solução
Maus odores	Sobrecarga de esgotos e redução do tempo de detenção hidráulica	Adicionar nitrato de sódio no tanque séptico e no filtro anaeróbio
	Queda brusca da temperatura do esgoto	Adicionar cal (~12 g/m^3 de tanque) para elevar o pH
	Presença de substâncias tóxicas	Adicionar produtos que seqüestrem os sulfetos
		Localizar e eliminar fontes de substâncias tóxicas
Elevado teor de sólidos no efluente	Sobrecarga de esgotos e redução do tempo de detenção hidráulica	Colocar outra unidade em operação
	Freqüência inadequada de remoção de lodo do tanque séptico	Promover a limpeza do tanque séptico, inclusive da camada de escuma
	Excesso de sólidos no afluente do filtro anaeróbio	Verificar a possibilidade de descarte parcial dos sólidos retidos no filtro anaeróbio
Entupimento do filtro anaeróbio	Freqüência inadequada de remoção de lodo do tanque séptico	Promover a limpeza do tanque séptico, inclusive da camada de escuma
		Verificar a possibilidade de descarte parcial dos sólidos retidos no filtro anaeróbio

Fonte: Adaptado de "Sistemas de esgotos sanitários de Meaípe – Manual de operação e manutenção das estações de tratamento de esgotos" (s/data)

Problemas operacionais e possíveis soluções: lagoas anaeróbias

Observação	Causa provável	Solução
Maus odores	Sobrecarga de esgotos e redução do tempo de detenção hidráulica	Eventual by-pass parcial para a lagoa facultativa (caso esta suporte elevações da carga)
		Melhorar a distribuição do afluente na lagoa (ex: por tubulações perfuradas no fundo da lagoa)
	Carga baixa e elevação excessiva do tempo de detenção hidráulica	Recircular o efluente da lagoa facultativa ou de maturação para a entrada da lagoa anaeróbia
		Operar com uma lagoa anaeróbia apenas (caso haja duas ou mais lagoas em paralelo)
	Presença de substâncias tóxicas	Adicionar nitrato de sódio em vários pontos da lagoa
	Queda brusca da temperatura dos esgotos	Adicionar cal (~12 g/m^3 de lagoa) para elevar o pH
		Adicionar produtos que seqüestrem os sulfetos
Proliferação de insetos	Crescimento de vegetais no talude interno na região do nível d'água	Cortar e remover os vegetais
	Camada de escuma e óleo sempre presente	Revolver (com rastelo ou jato d'água) a camada de material flutuante
	Circulação e manutenção fracas	Aplicar, cuidadosamente, inseticidas ou larvicidas na camada de escuma
Crescimento de vegetais	Manutenção inadequada	Remover totalmente os vegetais do talude interno, evitando a sua queda na lagoa
		Capinar o terreno; adicionar produtos químicos para o controle de ervas (talude externo)
Manchas verdes no encontro da lâmina d'água com o talude	Proliferação de algas	Remover as colônias de algas
Entupimento das tubulações de entrada	Tubulação de entrada obstruída	Limpar as tubulações com vara ou arame de aço

Fonte: von Sperling (1995)

Problemas operacionais e possíveis soluções: lagoas facultativas

Observação	Causa provável	Solução
Escuma e flutuantes (impedindo a passagem de luminosidade)	Superfloração de algas (nata esverdeada)	Quebrar a escuma com jatos d'água ou com rastelo
	Lançamento de material estranho (ex: lixo)	Remover a escuma com peneiras de pano
	Placas de lodo desprendidas do fundo	Desagregar ou remover placas de lodo
	Pouca circulação e atuação do vento	Remover obstáculos para a penetração do vento (caso seja possível)
Maus odores	Sobrecarga de esgotos (causando abaixamento do pH, queda da concentração de OD, mudança na cor do efluente de verde para verde-amarelado, aparecimento de zonas cinzentas junto ao efluente)	Transformar a operação de série em paralelo
		Retirar temporariamente a lagoa problemática de operação (desde que haja pelo menos duas lagoas em paralelo)
		Recircular o efluente
		Considerar entradas múltiplas do afluente (evitar caminhos preferenciais)
		Considerar a inclusão de aeradores na lagoa (no caso de sobrecargas consistentes)
		Eventualmente, adicionar nitrato de sódio (fonte de oxigênio combinado)
	Longos períodos com tempo nublado e temperatura baixa	Diminuir a altura da lâmina d'água
		Colocar uma lagoa em paralelo em operação
		Instalar aeradores superficiais próximo à entrada
	Substâncias tóxicas advindas de descargas industriais	Identificar o composto tóxico
		Identificar e atuar junto à fonte da descarga
		Isolar a lagoa afetada
		Colocar uma segunda unidade em paralelo (se possível, com aeração)

continua ►

► Problemas operacionais e possíveis soluções: lagoas facultativas

Observação	Causa provável	Solução
Maus odores	Curtos-circuitos hidráulicos decorrentes da má distribuição do afluente, aproveitamento excessivo das curvas de nível ou presença de vegetais aquáticos no interior da lagoa	Coletar amostras em vários pontos da lagoa (ex: OD) e verificar se há significativas diferenças entre elas
		Regularizar a distribuição do esgoto na entrada
		Remover vegetais aquáticos
	Superfloração de algas, impedindo a entrada de luz	Jatear com mangueira d'água, destruir com rastelo e remover com peneiras
Elevadas concentrações de algas no efluente	Condições atmosféricas que favorecem o crescimento de certas populações de algas	Retirar o efluente, de forma submersa, após passar por defletores, que retêm as algas
		Usar múltiplas células em série, com reduzido tempo de detenção em cada célula
		Efetuar pós-tratamento do efluente para remover excesso de SS
Tendência progressiva de decréscimo de OD (OD abaixo de 3 mg/l nos meses quentes)	Baixa penetração da luz solar	Remover vegetais flutuantes
	Baixo tempo de detenção	Reduzir a carga na lagoa primária através de operação em paralelo
	Alta carga de DBO	Introduzir aeração complementar
	Despejos industriais tóxicos	Recircular o efluente final
Proliferação de insetos	Presença de vegetais nas margens dos taludes internos das lagoas	Reduzir o N.A., fazendo com que as larvas presas aos vegetais desapareçam
		Operar a lagoa com variação do N.A.
		Proteger o talude interno com placas de concreto, argamassa armada, geomembrana, etc.
		Destruir a escuma
		Aplicar, criteriosamente, produtos químicos

Fonte: adaptado de von Sperling (1995)

Vimos que, para a prevenção, identificação e correção dos diversos problemas operacionais apresentados, é necessário analisar os dados do monitoramento da ETE e, também, acessar informações operacionais, tais como as advindas de verificações visuais (proliferação de insetos, ocorrência de entupimentos) e olfativas (ocorrência de maus odores) e que, portanto, devem ser devidamente registradas para consulta posterior. Dessa forma, o controle operacional, nosso próximo assunto, é fundamental para o bom funcionamento do sistema de tratamento.

Controle operacional

Os objetivos principais de qualquer sistema de tratamento de esgotos, que são a proteção à saúde da população e a preservação do meio ambiente, só serão atingidos se o sistema de tratamento for corretamente concebido, detalhado, implantado e operado. É em relação a essa última ação que o controle operacional da estação de tratamento ganha importância fundamental. Para iniciar a nossa discussão sobre esse assunto, propomos a realização do debate a seguir.

Reflita e se manifeste...

Como o controle operacional pode contribuir para o alcance dos objetivos da ETE? Como o controle operacional pode contribuir para a saúde e a segurança dos trabalhadores? Como o controle operacional pode contribuir para o bom funcionamento do sistema de esgotamento sanitário?

Apresentamos, a seguir, algumas informações sobre o controle operacional da estação de tratamento de esgotos. É importante que você procure identificar aquelas que complementam os pontos abordados no debate.

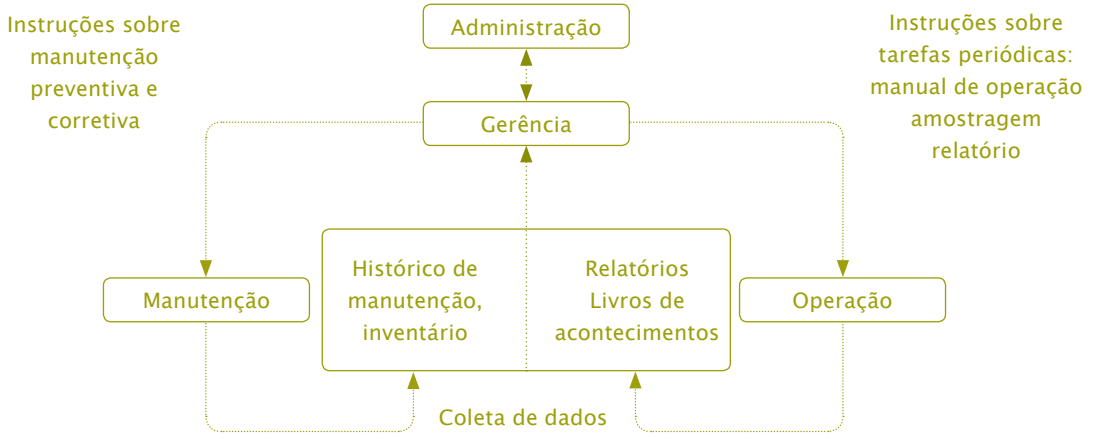
Embora a simplicidade operacional seja uma das vantagens dos sistemas de tratamento de esgotos abordados na nossa oficina de capacitação, a presença de pessoal de operação e manutenção é uma condição necessária para assegurar o seu funcionamento apropriado.

As três principais atividades de controle de sistemas de tratamento são:

- **Operação:** refere-se às atividades cotidianas ou periódicas necessárias para assegurar um bom e estável desempenho do sistema de tratamento;

- **Manutenção:** refere-se às atividades para manter as estruturas na planta de tratamento em boas condições;
- **Informação:** refere à comunicação, de preferência por escrito, entre as diferentes pessoas envolvidas, criando-se, ao mesmo tempo, um arquivo da operação e manutenção do sistema de tratamento.

Você sabia que o gerenciamento da operação depende de um fluxo adequado de informações sobre todos os aspectos do controle operacional da ETE, o qual permite o estabelecimento de estratégias, procedimentos operacionais, ações de manutenção e, eventualmente, alterações no sistema de tratamento? Ilustramos, no esquema a seguir, uma relação entre a administração, gerência e pessoal de operação e manutenção da estação de tratamento.



Fonte: Chernicharo, van Haandel e Cavalcanti (1999)

Você sabia que, durante a fase de operação do sistema, parâmetros operacionais da estação de tratamento devem ser verificados e confrontados com os valores originalmente assumidos durante a fase de projeto?

Verificação de parâmetros operacionais

Apresentamos, a seguir, os principais parâmetros de importância que devem ser verificados na operação do sistema:

- Vazões afluentes ao sistema.
- Características físico-químicas e microbiológicas do esgoto afluente.
- Eficiência e problemas operacionais das unidades de tratamento preliminar.
- Produção e características do material retido nas grades e nos desarenadores.
- Eficiência e problemas operacionais dos reatores biológicos.

- Quantidade e características do biogás produzido nos reatores anaeróbios.
- Quantidade e características do lodo produzido no reator.

A comparação desses parâmetros operacionais com os valores originalmente assumidos em projeto possibilita:

- Uma revisão ou adaptação das estratégias operacionais inicialmente previstas para o sistema.
- Um poder de decisão mais fundamentado, tendo em vista eventuais planos de expansão do sistema. Caso as vazões e cargas orgânicas estejam aquém das previsões de projeto, poderá ser ampliado o alcance de projeto e reduzido o investimento com a expansão do sistema nos anos subseqüentes. Ao contrário, uma constatação de vazões e cargas orgânicas, além das previstas em projeto, indicará que o alcance de projeto deverá ser reduzido e que recursos financeiros deverão ser viabilizados para a expansão do sistema.

Melhoria das condições operacionais

Você sabia que o controle operacional pode permitir ainda uma otimização das condições operacionais da estação de tratamento, visando à redução dos custos e ao atendimento aos padrões ambientais de lançamento?

Destacamos, a seguir, alguns aspectos relacionados à melhoria das condições operacionais que podem ser proporcionadas pelo controle operacional.

- Determinação da melhor rotina de descarte e de desaguamento do lodo excedente.
- Definição das melhores práticas e rotinas de operação e limpeza das unidades de gradeamento e desarenação, buscando otimizar a eficiência dessas unidades de tratamento preliminar.
- Identificação de pontos com ocorrência de maus odores, visando possibilitar maior segurança e conforto ambiental aos operadores e às pessoas que vivem nas imediações da estação de tratamento. Nesse sentido, o acompanhamento efetivo das unidades potencialmente mais sujeitas à emanação de gases fétidos (tratamento preliminar, reatores UASB e leitos de secagem, lagoa anaeróbia) possibilitará maior conhecimento dos pontos problemáticos, facilitando o controle dos odores.

O controle operacional e a saúde e segurança dos trabalhadores

Em seu cotidiano na estação de tratamento, você já vivenciou acidentes de trabalho com algum colega? Você sabia que o controle operacional constitui-se também em um importante

instrumento para a identificação de práticas e rotinas que possam promover a melhoria da saúde e da segurança dos trabalhadores?

A seguir, apresentamos alguns aspectos de importância relativos à saúde e segurança dos trabalhadores para você consultar sempre que achar necessário.

Um bom programa de saúde e segurança dos trabalhadores deve incorporar três elementos principais:

- *Política de saúde e de segurança:* incorpora os fundamentos de todo o programa de saúde e segurança, fornecendo aos trabalhadores, com clareza, o apoio que têm das instâncias superiores.
- *Comissão de saúde e de segurança do trabalho:* deve ser composta por representantes da gerência, dos supervisores e dos trabalhadores e assumir as tarefas de: conduzir o programa de saúde e de segurança; realizar inspeções sistemáticas; sugerir e fornecer treinamento; conduzir investigações de acidentes; manter os registros das ocorrências; e elaborar um manual de saúde e de segurança.
- *Treinamento de saúde e de segurança:* os supervisores da estação de tratamento devem adquirir o completo conhecimento e entendimento das diversas formas de prevenção de acidentes e doenças ocupacionais. Todos os novos empregados devem cumprir um programa de saúde e de segurança, assim como todos os empregados devem receber treinamento, sempre que um novo equipamento ou processo for adicionado à estação de tratamento.

Na estação de tratamento de esgotos em que você trabalha, os dados operacionais são arquivados? Você já parou para pensar por que isso é necessário?

Interpretação e arquivamento dos dados operacionais

Os sistemas de tratamento abordados na nossa oficina destacam-se por sua simplicidade e estabilidade operacional. Nesse sentido, o banco de dados operacionais destina-se mais à comparação de determinados parâmetros com valores históricos. Em se notando uma deterioração considerável e prolongada dos parâmetros de monitoramento, podem-se tomar medidas corretivas.

Problemas operacionais só podem ser identificados quando se podem comparar os resultados dos diferentes testes e análises previstos no monitoramento com os valores de períodos anteriores. Em muitos casos, o indicativo de um problema operacional não é decorrente do valor absoluto de um parâmetro, mas sim de sua variação. Evidencia-se, assim, a necessidade de se manterem os relatórios freqüentes, que caracterizam o desempenho e a situação geral do sistema de tratamento.

Encerramento

Estamos encerrando as nossas atividades. É o momento de refletirmos sobre o que estamos levando da oficina de capacitação e se as nossas expectativas iniciais foram contempladas.

É também um bom momento para refletirmos sobre o nosso papel como profissionais e também como cidadãos, uma vez que a importância dos sistemas de tratamento de esgotos para o meio ambiente e para a saúde pública está mais clara. Para isso, propomos a leitura do texto a seguir.

Para ler e refletir...

Saneamento e cidadania

Os serviços de saneamento, além de constituírem ações de saúde pública e de proteção ambiental, podem ser vistos como uma meta social. São, portanto, direito do cidadão e dever do Estado. Nesse contexto, nosso papel como cidadãos e, sobretudo, como profissionais da área de saneamento é participar da definição de políticas e diretrizes das ações de saneamento, e, ao mesmo tempo, trabalhar, da melhor forma possível, para proporcionar as condições adequadas de salubridade ambiental a toda a população, especialmente àquelas menos favorecidas. Alguns desses aspectos participam dos princípios norteadores das diretrizes nacionais para o saneamento básico (Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007) que, entre outros assuntos, estabelecem que a política nacional de saneamento básico deve adotar a bacia hidrográfica como unidade de referência para o planejamento de suas ações.

Chegamos ao final da oficina. Esperamos que os conteúdos trabalhados tenham contribuído para atualizar e aprimorar os seus conhecimentos sobre os sistemas simplificados de tratamento de esgotos e que tenham proporcionado um maior entendimento da sua funcionalidade sanitária e ambiental.

Antes de encerrarmos a nossa oficina, vamos retomar e debater algumas questões apresentadas no início da nossa oficina de capacitação.

Reflita e se manifeste...

Por que o esgoto deve ser tratado? Qual é a importância do seu trabalho para a preservação dos mananciais no contexto da bacia hidrográfica? Qual é a importância do seu trabalho para a saúde das pessoas?

Vamos, agora, retomar algumas questões relacionadas ao seu trabalho!

Atividade individual

Escreva um novo texto, relacionando as palavras apresentadas a seguir.

Para saber mais...

Para obter mais informações sobre "Operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos", consulte a bibliografia listada a seguir.

BRASIL: Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17/03/2005.

BRASIL: Casa Civil. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.

CASTRO A. A.; COSTA A. M. L.; CHERNICHARO C. A. L.; VON SPERLING E.; MÖLLER L. M.;

HELLER L.; CASSEB M. M. S.; VON SPERLING M.; BARROS R. T. V. *Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios*. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, V.2, 1995, 221p.

HELLER, L. *Saneamento e saúde*. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 1997, 97p.

CHERNICHARO, C. A. L. *Reatores anaeróbios*. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2007, 380p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 5).

CHERNICHARO, C. A. L., VAN HAANDEL, A. C., CAVALCANTI, P. F. F. Capítulo 9: *Controle operacional de reatores anaeróbios*. In: Campos, J. R. (coordenador). *Tratamento de esgotos domésticos e disposição controlada no solo*. ABES/FINEP/PROSAB, Rio de Janeiro, 1999, 436p.

SOARES, C. A. L. *Curso básico de esgotos*. ABES-MG, março 1995.

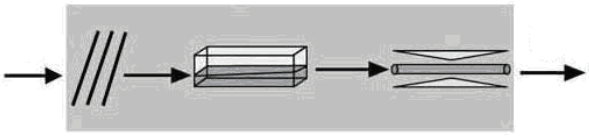
VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2005, 243p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 1).

VON SPERLING, M. *Lagoas de estabilização*. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1995, 196p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 3).

Roteiro de procedimentos

Roteiro de procedimentos de operação e manutenção

Monitoramento do tratamento preliminar



Parâmetro	Unidade	Pontos e freqüência de monitoramento				

Protocolo operacional de limpeza das grades

Grade de limpeza _____

- .....
  .....
- .....
  .....
- .....
  .....
- .....
  .....
- .....
  .....
- .....
  .....
- .....
  .....
- .....
  .....
- .....
  .....
- .....
  .....

Protocolo operacional de limpeza dos desarenadores

Desarenador de limpeza _____

- .....
  .....
- .....
  .....
- .....
  .....
- .....
  .....
- .....
  .....
- .....
  .....
- .....
  .....
- .....
  .....
- .....
  .....

Problemas operacionais com o esgoto bruto e com o tratamento preliminar e possíveis soluções

Observação	Causa provável	Verificar	Solução

Monitoramento do tratamento biológico

Modalidade de Tratamento _____

_____

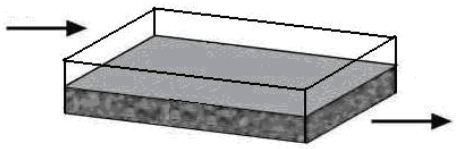
Fluxograma da ETE:

Parâmetro	Unidade	Pontos e freqüência de monitoramento				

Protocolo operacional de descarte de lodo

- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

Monitoramento dos leitos de secagem



Parâmetro	Unidade	Pontos e freqüência de monitoramento				

Protocolo operacional de remoção de escuma

- .....
  .....
- .....
  .....
- .....
  .....
- .....
  .....
- .....
  .....
- .....
  .....
- .....
  .....
- .....

Problemas operacionais com o reator biológico e possíveis soluções

Tipo de reator _____

Observação	Causa provável	Verificar	Solução